



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**“Encapsulamiento de Arsénico en vidrio residual con Bórax y  
su estabilidad en medios Ácido y Básico”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

**AUTORA:**

Sanchez Panduro, Fiorella Jesenia (ORCID: 0000-0002-8343-2276)

**ASESOR:**

Dr. Alcántara Boza, Francisco Alejandro (ORCID: 0000-0001-9127-4450)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tratamiento y Gestión de los Residuos.

LIMA – PERÚ

2017

## **DEDICATORIA**

Esta tesis está dedicada a mi madre Vilma Panduro Espinoza que fue es y será siempre un ejemplo a seguir, me enseñó a luchar por mis sueños y apoyo en toda mi etapa profesional, a mi padre Javier Osorio Gerónimo, quien desde que me conoció asumió el papel de padre y me incentivó siempre a ser mejor persona. Ambos son el mayor apoyo en la realización del presente proyecto y durante toda mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecer primero y sobre todo a Dios por cuidar siempre de mí, de igual manera a mis padres Vilma y Wilder por su soporte, amor cuidado y darme ánimos en todas las etapas de mi vida. A mis hermanos por ayudarme siempre en todo. A Víctor una persona que fue de mucha importancia para la elaboración de este trabajo.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice general	iv
Índice de Anexos	vi
Índice de Tablas	vi
Índice de Gráficos y Figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. Introducción	09
1.1. Realidad problemática	11
1.2. Trabajos previos	14
II. Marco Teórico	18
2.1. Teoría relacionado al tema	19
2.1.1. Definición de Vidrio	19
2.1.1.1. Estructura química del Vidrio	19
2.1.1.2. Procedimiento para fabricar vidrio.	21
2.1.1.3. Vidrio Residual	21
2.1.1.4. Reciclaje de vidrio	22
2.1.2. Arsénico y presencia en los materiales	22
2.1.2.1. Uso y Distribución	22
2.1.2.2. Toxicidad del Arsenato	22
2.1.3. Uso del Boro en fibra de Vidrio y sus componentes	24
2.1.4. PH	24
2.1.5. Análisis de Varianza	25
2.2. Formulación del problema	27
2.2.1. Problema general	27
2.2.2. Problemas específicos	27
2.3. Justificación	27
2.3.1. Justificación Ambiental	27
2.3.2. Justificación Social	28
2.3.3. Justificación Tecnológica	28
2.3.4. Justificación Económica	28
2.4. Hipótesis	29
2.4.1. Hipótesis General	29
2.4.2. Hipótesis Específica	29
2.5. Objetivos	29
2.5.1. Objetivos Generales	29
2.5.2. Objetivos Específicos	29
III. Metodología	30
3.1. Tipo y Diseño de Investigación	31
3.1.1. Tipo de estudio	31

3.1.2. Tipo de investigación	31
3.2. Variables de Operacionalización	32
3.3. Población Y Muestra	32
3.3.1. Población	32
3.3.2. Muestra	33
3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos, Validez y Confiabilidad	33
3.4.1. Técnicas de Recolección de datos	33
3.4.2. Instrumentos	33
3.4.3. Validez y Confiabilidad	34
3.4.4. Desarrollo del Plan Experimental	34
3.4.4.1. Cálculos de resultados	42
3.5. Método de Análisis de Datos	47
3.5.1. Prueba de hipótesis	47
3.6. Aspectos éticos	50
IV. Resultados	51
V. Discusión	55
VI. Conclusiones	58
VII. Recomendaciones	61
Referencias bibliográficas	63
Anexos	66

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo N°01</b>	Operacionalización de variable	<b>67</b>
<b>Anexo N°02</b>	Fotografías del proceso experimental	<b>69</b>
<b>Anexo N°03</b>	Tabla Anexo-1: Formato 001 Condiciones de Operación para los experimentos sugeridos en el diseño factorial $2^k$	<b>70</b>
<b>Anexo N°04</b>	Informes de ensayo de laboratorio	<b>75</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Análisis de Varianza para el modelo de primer orden en un Diseño Factorial	<b>26</b>
<b>Tabla 2</b>	Preparación de muestra N°01	<b>35</b>
<b>Tabla 3</b>	Preparación de muestra N°02	<b>36</b>
<b>Tabla 4</b>	Preparación de muestra N°03	<b>37</b>
<b>Tabla 5</b>	Preparación de muestra N°04	<b>37</b>
<b>Tabla 6</b>	Preparación de muestra N°05	<b>38</b>
<b>Tabla 7</b>	Preparación de muestra N°06	<b>38</b>
<b>Tabla 8</b>	Preparación de muestra N°07	<b>39</b>
<b>Tabla 9</b>	Preparación de muestra N°08	<b>39</b>
<b>Tabla 10</b>	Preparación de muestra N°09	<b>40</b>
<b>Tabla 11</b>	Cantidad de muestras para Análisis	<b>41</b>
<b>Tabla 12</b>	Resultados de Análisis	<b>42</b>
<b>Tabla 13</b>	Resumen de resultado en base a los Análisis de Laboratorio	<b>54</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS Y GRAFICOS

<b>Figura 1</b>	Estructura del Sílice	<b>20</b>
<b>Figura 2</b>	Estructura química del Vidrio	<b>21</b>
<b>Figura 3</b>	Fuentes naturales y antropogénicas de exposición a arsénico (sacado de tesis)	<b>23</b>
<b>Figura 4</b>	Diseño de experimento factorial centrado con cinco repeticiones en los valores intermedios de las variables independientes.	<b>32</b>
<b>Grafico 1</b>	Monitoreo de Temperatura	<b>40</b>
<b>Grafico 2</b>	Porcentaje de retención en la Base	<b>52</b>
<b>Grafico 3</b>	Porcentaje de retención en el Acido	<b>53</b>

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo incorporar el arsénico en vidrio e inmovilizarlo evitando que se transporte a los suelos y retorne al agua. La encapsulación del arsénico en el vidrio esta complementado por la presencia del bórax que cumple la función de fundente de vidrio y permite bajar la temperatura de fusión del vidrio. Posterior a la encapsulación se determina la estabilidad de arsénico en el vidrio en dos medios en ácido fuerte 0.1 M y base fuerte 0.1M. La presencia de arsénico en las soluciones indica que el encapsulado es parcial. Las concentraciones son extremadamente ácidas y básicas las cuales no se encuentran en la naturaleza, por tanto, la presencia de ácidos débiles y extremadamente bajas concentraciones encontradas en la lluvia ácida no disolverán el arsénico encapsulado en vidrio. La mezcla conteniendo 100 g de vidrio, 20 g de bórax y 48 mg de arsénico fue procesada a 420°C. Luego del proceso de fusión de la mezcla, se puso en contacto con un medio básico fuerte NaOH 0.1M, provocando la liberación de 26 mg de arsénico. Esto indica que se retuvo 54% de Arsénico en el vidrio. Los resultados también demuestran que la mezcla de 100 g de vidrio con 15 g de Bórax y 36 mg de Arsénico fundidos a 500°C, permiten una encapsulación eficiente del arsénico, cuando la mezcla se ponen en contacto con una solución ácida fuerte, HCl 0.1M, se libera 6.086 mg de arsénico. Esto indica que se retiene 83% de Arsénico en el vidrio.

**Palabras clave:** Arsénico, encapsulación, vidrio y arsénico, arsénico en medio ácido y básico.

## ABSTRACT

The present job of research aims to incorporate arsenic in glass and immobilize it, preventing it from being transported to the soil and returning to water. The encapsulation of arsenic in the glass is complemented by the presence of borax that fulfills the function of glass flux and allows the melting temperature of the glass to be lowered. After the encapsulation, the arsenic stability in the glass is determined in two media in 0.1 M strong acid and 0.1M strong base. The presence of arsenic in the solutions indicates that the encapsulation is partial. The concentrations are extremely acidic and basic which are not found in nature, therefore the presence of weak acids and extremely low concentrations found in the acid rain will not dissolve the arsenic encapsulated in glass. The mixture containing 100 g of glass, 20 g of borax and 48 mg of arsenic was processed at 420 ° C. After the melting process the mixture was placed in contact with strong alkaline medium, 0.1M NaOH, causing the releasing of 26 mg of arsenic. This indicates that 54% of Arsenic was retained in the glass. The results also show that the mixture of 100 g of glass with 15 g of Borax and 36 mg of Arsenic melted at 500 ° C, allow an efficient encapsulation of arsenic, when they are put in contact with a strong acid solution, 0.1M HCl, is released 6.086 mg of arsenic. This indicates that 83% of Arsenic is retained in the glass.

**Key words:** Arsenic, encapsulation, glass and arsenic, arsenic in acid and basic medium.



## **I. INTRODUCCIÓN**

El arsénico, se encuentra de manera natural como roca sedimentaria y volcánica, así como también en aguas geotermales, en el medio ambiente lo podemos encontrar como Sulfuro de Arsénico y como Arsenopirita, que son producto de las impurezas de las empresas mineras. En las aguas del subsuelo y de la superficie se le presenta como Arsenato o Arsenito. (OSICSA Y CARRO, 1999)

El arsénico además se encuentra en materiales sintéticos que son usados para la agricultura como Insecticidas y herbicidas. Es un agente químico que permite decolorar el vidrio, en aplicaciones acuosas se usa para control de la población de parásitos. También es usado en los componentes orgánicos para veterinaria y medicina. El arsénico muestra su presencia como parte de los residuos en las descargas de las fundiciones mineras. Por fenómenos naturales, como la precipitación, el arsénico de la tierra se incorpora en el agua superficial, encontrándose en diversas formas  $H_3AsO_4$ ,  $H_2AsO_4^-$ ,  $HAsO_4^{2-}$ ,  $AsO_4^{3-}$ . Las diversas condiciones de pH y temperatura favorecen a la oxidación biológica y química, a la variación a especies Arsénico (V), los procesos de reducción la transforman en Arsénico (III). Varios componentes de arsénico enlazados químicamente a componentes orgánicos aparecen en forma de arsénico-metilados, y son el resultado de la actividad biológica. Estos compuestos se transforman en sales de metales alcalinos que como es conocido son altamente solubles. En estos estados las plantas, animales y microbios, pueden transformar a compuestos orgánicos desde compuestos de arsénico inorgánico, entonces estos procesos incluyen mecanismos de transformación compleja difíciles de evitarse. (FLORES Y PÉREZ, 2009).

Debido a la solubilidad alta de sales de arsénico en agua, se requiere un tratamiento apropiado para su separación buscando obtener las diferentes calidades de agua. No obstante, en los tratamientos por coagulación y precipitación el arsénico atrapado en los lodos, se disuelve y retorna a las fuentes de agua. La presencia de las precipitaciones en los alrededores ayuda al transporte del arsénico a las fuentes de agua. Por ello es conveniente buscar alternativas de disposición de arsénico de forma segura de tal forma que no retorne en forma de sales hacia los suelos y hacia las fuentes de agua. Los esfuerzos que se hacen en el Perú para separar el arsénico del agua son por coagulación usando Tricloruro férrico ( $FeCl_3$ ). Los coágulos finalmente precipitados son separados en lodos y los lodos finalmente

formar parte de las lagunas de estabilización. Estos lodos por su contenido de Arsénico podrían estar saturando su capacidad de absorción de arsénico o podrían estar percolando debido a la solubilidad del arsénico en el agua, el arsénico podría retornar nuevamente a las fuentes de aguas superficiales y subterráneas.

Según la OMS Por las condiciones geográficas del país y sus características de suelos, bajo el efecto de las precipitaciones, las especies de arsénico son transportadas a las fuentes acuíferas y resultan un riesgo para la salud. Los humanos pueden acumular el arsénico en el cuerpo por consumir el agua sin tratamiento que permite eliminar el arsénico. Como se verá más adelante la alta concentración de arsénico en tejidos biológicos son de extremado riesgo y que en humanos podrían producir cáncer. Actualmente, no existen trabajos de monitoreo de arsénico en lodos provenientes de plantas que tratan el agua para el consumo de los seres humanos y tampoco existen estudios y trabajos para secuestro efectivo de arsénico de modo que el arsénico no resulte continuamente como agente nocivo para los humanos y para el medio ambiente.

En este trabajo se determinará la estabilidad de arsénico incorporado en vidrio a temperaturas de fusión en restos de vidrio. El bórax se usa como fundente y disminuye la temperatura de fusión del vidrio, la cantidad de arsénico que puede alimentarse a la mezcla para encapsulamiento serán evaluados como variables que controlan la encapsulación del arsénico en el vidrio. La estabilidad del arsénico en el vidrio será evaluada en dos medios base fuerte y ácido fuerte, cuyas concentraciones fijadas en 0.1M son extremadamente altas y que no existe lluvias ácidas con estas características extremas, y resultan un buen medio para evaluar la capacidad del vidrio para retener el arsénico.

## **1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA**

Según la OMS (2016), los efectos agudos por ingestión del arsénico son: Dolores estomacales, diarreas, vomito, posteriormente genera otros síntomas, adormecimiento, hormigueo de extremidades inferiores y superiores, en el peor de los casos generaría que la persona pierda la vida.

La OMS (2012) establece que para procesos acumulativos de arsénico, produce a lo largo del tiempo algunos efectos, al inicio del contacto prolongado

con niveles altos de arsénico inorgánico (puede ser cuando se consume alimentos y/o agua que fue contaminada) se observó principalmente en la piel, Heridas superficiales, pigmentación cambiada, callos en la planta del pie y en la palma de la mano. Esto se produce tras el contacto mínimo de 5 años que puede desenlazar en cáncer. Adicional al cáncer a la piel, un mayor tiempo de contacto con Arsénico, podría generar cáncer a los pulmones y vejiga.

La OMS también menciona que otros efectos dañinos para el ser humano a causa de ingerir por largo tiempo arsénico son: enfermedades en los pulmones, corazón, disminuye el desarrollo y diabetes. El arsénico podría inducir a un infarto del miocardio, siendo una de las principales causas de muerte.

LARIOS, F., GONZALES, C., MORALES, Y. (2015), publicaron en la revista a de la Facultad de Ingeniería de la USIL "Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú" donde explica que el CIIC (Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer) determinó que el arsénico y sus compuestos (incluyendo al consumo de agua con presencia de Arsénico) generarían cáncer al ser humano.

Según CAMELO, (2007) la protección del medioambiente incluye además de otras las actividades de "recuperación" y/o "reciclaje". Las industrias y actividades colaterales producen materiales residuales que en la gran mayoría no se pueden reprocesar o eliminarse de forma simple e eficiente. Los costos elevados del procesamiento en los materiales residuales, generan que el gobierno adopte las disposiciones orientadas para disminuir la producción de del residuo, tratando de eliminar la sujeción con la materia prima. Existe disposiciones empleadas por gobiernos en diversos países para el reciclaje que demuestran ser no eficaces, y el mensaje para el convencimiento sobre la necesidad de hacer extensivo a la ejecución para reciclar los diversos residuos generados en las casas como, envase, embalado de residuos no fue suficiente. Resulta por tanto infructuoso la creación de leyes, normativas que ayude al gobierno en forma globalizada a comprometer a los principales

involucrados en la actividad mencionada (fabricas, encargados de envasado, distribución y los que consumen)

FLORES, E., PEREZ, J. (2009) en su tesis “Determinación de arsénico, por absorción atómica, en agua de consumo humano proveniente de SEDAPAL, de cisterna y de pozo del distrito de Puente Piedra” explica que el reciclaje de materiales residuales y productos es una manera de usar racionalmente el recurso natural que garantiza equilibrar las actividades del ser humano y su medio ambiente. Reciclar significa incluir a los materiales en una cadena de eventos que se repiten periódicamente, donde los materiales usados se mezclan con materiales frescos para obtener productos. Esta práctica permite reducir la demanda de materia prima fresca y ayuda a la planificación de la explotación de recursos de forma ordenada. Estas restricciones pueden cumplirse ampliamente con el uso del vidrio. De esta forma, este material puede reciclarse sin limitaciones. Además, el reciclado y luego transformarlo permiten lograr algunos beneficiarse tanto social como económicamente. El Reciclaje de Vidrio tiene diversas ventajas. Un ejemplo, usar vidrio desechado, mezclado con materia prima fresca reduce considerablemente el consumo de la energía en el proceso, la fusión de vidrio desechado, se logra a una temperatura más baja respecto a la materia prima fresca. Esto es atribuido a que el vidrio residual tiene como componente sales fundentes, logrando ahorrar energía considerablemente y la demanda de fundente es reducida también. Debido a esto, las fábricas que están ampliando su producción hacen diseños de plantas que permite utilizar este tipo de materiales mezclados con materia prima fresca. El beneficio colateral es que obliga al suministro garantizado de vidrio residual a través de recuperaciones continuas y periódicas. Los impactos económicos, sociales y del medio ambiente del residuo es difícil de calcular, debido al estrago que causa un mal manejo en desperdicios, contrario a los diversos beneficios que brinda el reusó eficiente.

Considerando el impacto de este tipo reciclaje se busca secuestrar el arsénico en el vidrio, teniendo como objetivo reducir la presencia del arsénico libre que provoque riesgos a la salud de los humanos. Considerando que el vidrio puede reciclarse, la encapsulación de pequeñas cantidades de arsénico en

vidrio no afecta su calidad y el material resultante puede reciclarse sin dificultades.

## **1.2 TRABAJOS PREVIOS:**

Según MARTÍNEZ, A. (2011), en un proceso de vitrificación se pueden incorporar metales pesados que fueron aislados de diferentes fuentes incluyendo los materiales residuales de la actividad industrial. En este proceso se usa la transformación de sólido a líquido, donde el vidrio fundido es mezclado con los agentes metálicos, en estas condiciones se alcanza la alta dispersión de estos metales y al enfriarse los metales quedan encapsulados. Los metales encapsulados están sujetos a la estructura del vidrio y su enlazamiento no permite su posterior disolución por efectos como el de filtración y disolución. Esto facilita el manejo y control de los agentes metales tóxicos. El proceso de vitrificación, se considera como una alternativa para disposición segura de agentes tóxicos y quedan inmovilizados de modo que la matriz compuesta puede reusarse como vidrio convencional. La vitrificación es un proceso de almacenamiento para los metales pesados cuyos productos pueden incorporarse en aplicaciones convencionales.

JIMENEZ, E. (2008) en su tesis "Elaboración de vidrio de colores incorporando metales de desecho y por fundición directa a la flama" experimento la vitrificación con cinco metales tales como plomo, cadmio, zinc, fierro y por último cobre, teniendo en cuenta que son los metales usados comúnmente. La matriz vítrea fue sometida a pruebas de percolación que no disolvieron los agentes metálicos. Finalmente, la matriz se almacena para aplicaciones en accesorios para decoración. La técnica usada de vitrificación fue llevada a cabo por un proceso de goteo fundido, que solidifica en partículas de diferentes tonalidades, dependiendo del agente incorporado. Las pruebas posteriores de percolación demostraron que los productos resultantes no permiten la disolución de los agentes metálicos y fueron considerados materiales no peligrosos.

CAMELO, R. (2007), en su tesis "Propuesta del montaje de una fábrica de

láminas de vidrio en Riohacha y productos secundarios a partir de vidrio reciclable” muestra que la encapsulación es una práctica excelente para secuestro de elementos metálicos y que el producto resultante puede manipularse de forma segura. Producir placas de vidrio desde el reciclado debe llevarse como mensaje a la comunidad de Riohacha donde se produce gran cantidad de vidrio residual, la cual es de utilidad para la producción de las mencionadas laminas. Dentro de lo que compone las placas de vidrio se encuentra altos porcentajes de masa residual. El estado físico del vidrio sería un líquido que se enfrió, no sería considerado en estado sólido, que proviene de una fusión y es deformable. El enfriamiento provoca la que sea rígido sin cristalizar. Se puede considerar sólido al vidrio solo cuando está a temperatura ambiente por su nivel viscoso. En Riohacha se considera una buena opción reciclar vidrio para obtener placas de vidrio, puede crear un efecto multiplicador positivo ya que tendría un impacto social por el desarrollo de fuentes nuevas de empleo y de impacto económico ya que la comunidad puede obtener ingresos por su actividad de reciclaje en forma masiva.

En este trabajo se menciona que el reciclado de vidrio mediante el fundido es técnicamente factible y fácil de operar el proceso.

GARCÍA, A., VILLORA, J., MORENO, D., CALLEJAS, P., BARBA, M. (2004) es su artículo “Aplicación de un material vitrocerámico a la biorremediación de metales pesados” definen a la vitrificación como la producción de un material vitro-cerámico que está compuesto de gran cantidad de vidrio residual, harina de huesos de animales, tierra de diatomeas producidas por industrias cerveceras, lodos de la industria papelera, feldespatos y dolomitas, reteniendo la fase de hidroxiapatita. Esta sustancia como es conocido es la estructura ósea de los vertebrados, pero en este caso es producido artificialmente a partir de residuos urbanos e industriales. Además, sobre la hidroxiapatita se desarrolló bio-películas formados por los microorganismos que normalmente se encuentran en las aguas residuales. Los ensayos realizados para retener diversos metales pesados fueron alcanzados exitosamente indicando una alternativa para eliminar los elementos metálicos de un medio acuoso. El resultado se atribuye a la participación microbiana soportada sobre el material

vitro-cerámico, el efecto combinado de ambos factores ayuda a mejorar el proceso de biorremediación de agua que contienen metales pesados.

SANDHURT, N., AXE, L., JAHAN, K., RAMANUJACHARYEI, V., COOLAHAN, K. (2013) menciona el transporte vehicular es uno de los sectores más favorecidos por el reusó de láminas de vidrio, ya que estas placas se usan en el delineamiento de pistas utilizadas para vehículos conducidos a velocidades altas. Las marcas viales están entre las más eficientes y medios económicos para guiar con seguridad el tráfico. El vidrio se incrusta en las marcas del pavimento para proporcionar el reflejo de luz que es un fenómeno óptico que ayuda al buen desempeño de los conductores de modo que sus vehículos son dirigidos de forma ordenada. Por tanto, estas marcas juegan un rol crucial en mantener la función de guía de las bandas de carretera. La integración de placas de vidrio de buena calidad óptica es esencial para asegurar la visibilidad de las pistas durante el transporte nocturno. Recientemente se han observado metales y metaloides en placas de vidrio utilizadas en carreteras y autopista. Estas cuentas de vidrio están compuestas de vidrio de sosa-cal de sílice (Martini 2003): 70-75% de  $\text{SiO}_2$ , 11-15% de  $\text{Na}_2\text{O}$ , 2-4% de  $\text{MgO}$ , 6-10% de  $\text{CaO}$ , y  $\text{Al}_2\text{O}_3$  al 2%. Se producen a partir de materiales vírgenes y hasta el 90% de material reciclado. El uso de los residuos reduce la temperatura de fusión, reduciendo el uso de materiales vírgenes y los costos de reducción de los residuos de vidrio.

La EPA (1990) solicitó comentarios para el tratamiento de los desechos de arsénico. Las respuestas y la justificación para la decisión final de la EPA incluyeron una discusión de tecnologías de solidificación, estabilización (S / S) y vitrificación. La Solidificación / Estabilización implica el enlazamiento químico de los residuos con aglutinantes y materiales de vidrio residuales. Los aglutinantes utilizados incluyen asfalto, cemento, cenizas volantes y polvo de horno de cemento. La vitrificación implica la aplicación de calor generado por electrodos o llama directa a una mezcla de residuos y compuesto de formación de vidrio. La matriz sólida enfriada es una matriz de vidrio (escoria). La temperatura elevada del proceso de 1200-1500C destruye cualquier



materia orgánica presente[.] Además, el efecto del tiempo sobre la efectividad del tratamiento no ha sido investigado. La EPA recomienda a la práctica de vitrificación como la mejor tecnología disponible demostrada (BDAT) para encapsular el arsénico. No obstante, los residuos de arsénico estabilizados deben considerarse caso a caso para asegurarse sobre las mejores condiciones de disposición.

FUESSLE, R., TAYLOR, M. (2000) publicaron en la revista de la ASCE “Estabilización de residuos de fabricación de vidrio ricos en arsénico y bario” donde explica el tratamiento del arsénico en los desechos sólidos continúa como una preocupación. El arsénico puede aparecer en los lodos de aguas residuales. La consideración de normas de arsénico más estrictas en agua potable puede hacer mandatorio el tratamiento de lodos conteniendo arsénico para buscar su eliminación.

## **ii.MARCO TEÓRICO**

## **2.1. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA:**

### **2.1.1. VIDRIO:**

CAMELO, R. (2007), en su tesis “Propuesta del montaje de una fábrica de láminas de vidrio en Riohacha y productos secundarios a partir de vidrio reciclable” explica como es conocido el vidrio, generalmente es transparente a la luz visible, es un material duro pero a la vez es fácil de romper, no es soluble en casi en ningún cuerpo conocido y funde a temperaturas altas. Está compuesto por Sílice, Potasa y algunas bases en mínimas porciones, es fabricado en crisol y/o horno. Por su característica es de fácil recuperación el vidrio, se puede reciclar en su totalidad (100%), desde un recipiente usado, se podrá producir nuevos recipientes o de lo contrario objetos que tienen utilidad para diversas actividades en la manipulación y producción de cerámicas. Esta versatilidad en la facilidad de reúso del vidrio permite encontrar amplias posibilidades para aplicaciones que la comunidad puede usar ventajosamente. Su reciclaje se considera una tecnología limpia y auto sostenible

#### **2.1.1.1. ESTRUCTURA QUIMICA DEL VIDRIO.**

La estructura del vidrio es conocido con detalle a nivel atómico, de modo que es predecible si algunas sustancias pueden quedar enlazadas químicamente en la estructura. El vidrio está formado por Sílice, Cal y Carbonato de Sodio y se postula dos reacciones químicas previas para su estabilización:

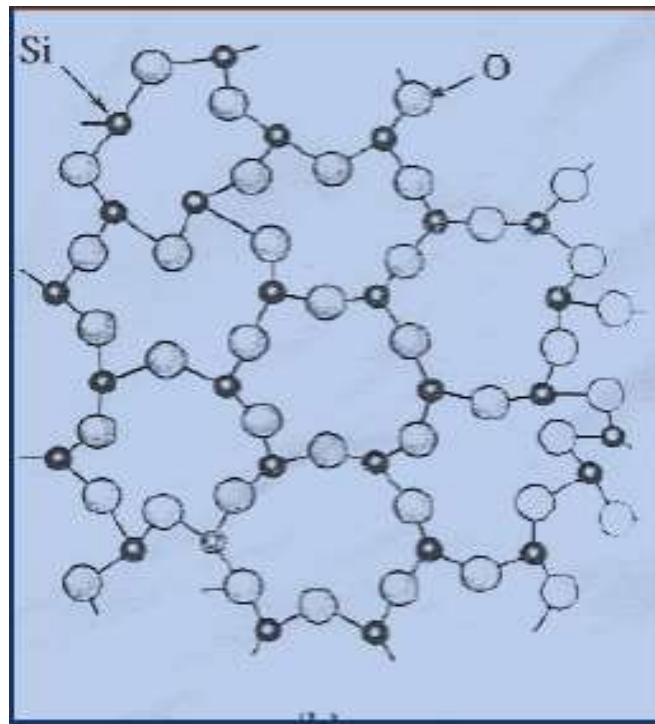


Se obtienen óxidos que luego reaccionan con el Dióxido de Silicio,  $\text{SiO}_2$ , obteniendo la reacción siguiente:



Estos óxidos obtenidos anteriormente son mutuamente visibles por lo que al momento de enfriar se forma una matriz transparente, con arreglo atómico amorfo y totalmente homogénea y a esto se le llama vidrio. (Martínez, 2006, p9)

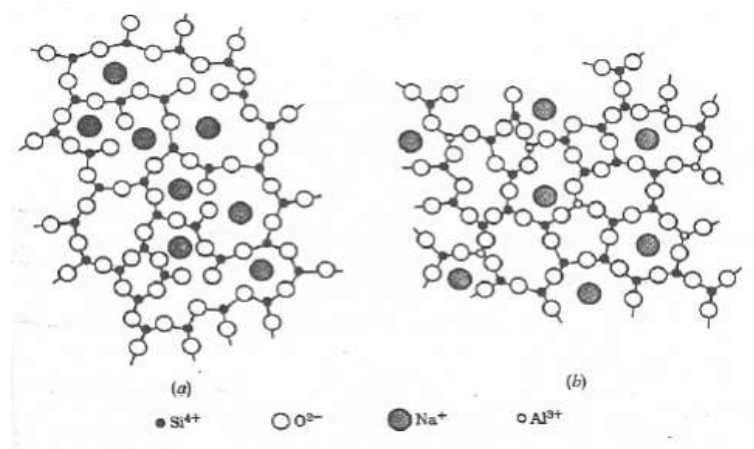
**Figura 1. Estructura del Sílice**



Fuente: (Martínez, Estructura del Sílice, 2006)

En la Figura N°1, se observa el arreglo atómico en la estructura química del Sílice tal como se observa es abierta. Esto permite que en el proceso de formación se incorpore cantidades iguales de impurezas. Para que esto ocurra se debe romper la red formada. El mecanismo de ruptura sucede luego de agregarse óxido de sodio y óxido de calcio, ya que estos tienen la capacidad de romper la red ocasionando el origen de vacantes dentro de la red aumentando el volumen disponible en el sólido donde los iones pueden almacenarse para formar parte del vidrio como una estructura atómica amorfa.

**Figura 2. Estructura química del vidrio**



Fuente: (Martínez, Estructura del Sílice, 2006)

Se observa en la Figura N°2, ocurre la presencia de vacantes de gran tamaño donde se pueden almacenar y transportar los metales y metaloides (Martínez, 2006, p11)

#### **2.1.1.2. PROCEDIMIENTO PARA FABRICAR VIDRIO**

Este material se obtiene mezclando de arena (sílice) carbonato de sodio y calcio, la mezcla es procesada a temperaturas elevadas. Se requieren de hornos recubiertos con cerámicos para aprovechar la mayor cantidad de calor. La mezcla experimenta el fenómeno de cambio vítreo entre 100 y 1100 °C. Las formas solidas se obtienen de forma gradual por el proceso de enfriamiento lento, finalmente alcanza el aspecto solido transparente (CAMELO, 2007, p.29).

#### **2.1.1.3. VIDRIO RESIDUAL**

Todo objeto manufacturado en vidrio es duro pero frágil, y por tanto experimenta ruptura por impacto. Los materiales residuales pueden utilizarse para incorporarse nuevamente

en el proceso de producción de vidrio para otras aplicaciones.

#### **2.1.1.4. RECICLAJE DE VIDRIO**

Debido a la naturaleza transparente del vidrio en su estado sólido, y su no reactividad química a temperatura ambiente, los residuos de vidrio son de extremadamente importancia para reciclaje. La tonalidad del material depende de la calidad de agentes agregados en la mezcla. Particularmente el cromo proporciona el color verde a las placas que se usan para proteger a los humanos de la radiación solar directa. Otros colores pueden provocar dispersión de la luz y cambiar la tonalidad. (CAMELO, 2007, p.23).

#### **2.1.2. ARSÉNICO Y SU PRESENCIA EN LOS MATERIALES**

El Arsénico tiene 3 derivaciones importantes:

Gas arcinas y arsina sustituida.

Compuesto de arsénico orgánico

Compuesto de arsénico inorgánico

(Nordberg, 2017, p.5).

##### **2.1.2.1. USO Y DISTRIBUCIÓN:**

El Arsénico está presente en el medio ambiente, de mayor cantidad en los minerales sulfurosos. Una de las formas más abundantes es la Arsenopirita.

(Nordberg, 2017, p.5).

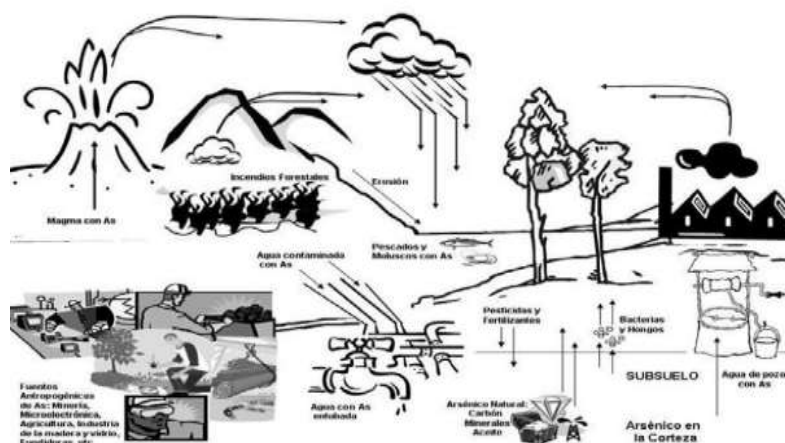
##### **2.1.2.2. TOXICIDAD DEL ARSENICO**

El efecto toxico del arsénico en el agua.

Claramente se establece que la fuente de contacto con el arsénico puede ser antropogénica como natural. El

arsénico se genera en la roca, suelos, mineral, se libera en el suelo, agua y aire como consecuencia de las actividades volcánicas y erosiones de almacenes en forma natural. En la Figura N°3, se observa actividad antropogénica por la liberación del arsénico en la naturaleza, influyen el uso de insecticida, herbicida, desencante de plantaciones de algodones, insumos de aleación, cerámicas, vidrios y semiconductor. (Paredes, 2012)

**Figura N°3, Fuente natural y antropogénica de exposición al arsénico**



Fuente: (Paredes, Fuente natural y antropogénica de exposición al arsénico, 2012)

En los seres humanos, la intoxicación es a causa de Arsénico inorgánico. La manera más frecuente del compuesto de arsénico orgánico en el ambiente es el trióxido de arsénico mientras en los suelos y fuentes de agua se encuentra primordialmente los arsenatos y en menos proporción los arsenitos. (Tchounwou, 1999).

La intoxicación a causa de arsénico se en forma crónica y aguda. En exposición aguda mayormente puede ocurrir por la ingerir un elevador concentrado de arsénico en un corto plazo. Exposición crónica proviene de ingerir bajas concentraciones de arsénico por periodos extendidos de

tiempo. La toxicidad aguda puede ocurrir por la presencia de compuestos de vapores de componentes de arsénico tal como la arsina. Este compuesto se considera una de las formas más tóxicas en el ser humano a causa del arsénico. (Tchounwou, 1999).

### **2.1.3. USOS DE BORO EN LAS FIBRAS DE VIDRIO Y SUS COMPONENTES**

Según Etimene USA, el boro no provoca efectos negativos en el procesamiento de vidrio. Particularmente para los aislantes de las fibras de los vidrios. El boro resalta la capacidad de fundir el lote, disminuye la temperatura de fusión y mejora la eficacia de la fibra por una viscosidad baja. Ayuda a controlar la tensión de la superficie, temperatura y viscosidad para tener un mejor producto. Todos estos beneficios, sumado a la disminución de consumo de energía.

El Sílice (teniendo en cuenta que forma parte de la estructura del vidrio), funde aproximadamente a 1750°C. En estas condiciones se combina con las cadenas de silicato. Los residuos con alto contenido de sílice son viscosos y retienen elementos metálicos. Cuando a este se le combina con Bórax da como resultado la formación de sustancias borosilicatadas, estas sustancias no solamente tienen una alta miscibilidad con el vidrio, si no también dan como resultado que el fundido sea más rápido y a menor temperatura. (Candela, 2005)

De los dos artículos podemos concluir que el bórax tiene una tendencia a reducir la temperatura de fundido de las sustancias químicas por que será usado en el presente trabajo.

### **2.1.4. PH:**

El pH sirve para medir si es ácido o básico un determinado medio. En el pH se verifica cuántos iones o cationes se concentran en determinada materia. pH tiene como significado Potencial de Hidrógeno, tiene una escala en números del 0 al 14, siendo 7 el nivel



neutro, ácido es el lado izquierdo (menor a 7 mayor acidez), base el lado derecho (mayor a 7, mayor basicidad). (PAVEL, 2011)

### 2.1.5. ANÁLISIS DE VARIANZA

La siguiente técnica a detallar será usada para la validación de la hipótesis del presente trabajo ya que nos permitirá obtener la magnitud de los errores envueltos en el desarrollo experimental.

El análisis de Varianza es una técnica para cuantificar los componentes de la variabilidad de los datos obtenidos experimentalmente. Los diferentes cálculos se obtienen de la siguiente forma:

El primero modelo en base a la Ecuación 4, en el que tenemos tres parámetros “ $\beta$ ” que se obtiene con el uso de datos experimentales provenientes de un diseño factorial.

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 \quad (4)$$

El modelo de primer orden (Ecuación-4) representa la respuesta ( $y$ ) en función de la variable independiente ( $x_1, x_2$ ). Los parámetros  $\beta_i$  se obtienen usando la técnica de métodos numéricos conocido como cuadrado mínimos. Por ello se debe definir la función  $Sr$  la cual es derivada parcialmente respecto a cada variable  $\beta_i$  según las siguientes ecuaciones:

$$Sr = \sum_{i=1}^n [y_i - \beta_0 - \beta_1 x_{1i} - \beta_2 x_{2i}]^2 \quad (5)$$

$$\frac{\partial Sr}{\partial \beta_0} = 0 = -2 \left[ \sum y_i - \sum \beta_0 - \beta_1 \sum x_{1i} - \beta_2 \sum x_{2i} \right] \quad (6-a)$$

$$\frac{\partial Sr}{\partial \beta_1} = 0 = -2 \left[ \sum x_{1i} y_i - \beta_0 \sum x_{1i} - \beta_1 \sum x_{1i}^2 - \beta_2 \sum x_{1i} x_{2i} \right] \quad (6-b)$$

$$\frac{\partial Sr}{\partial \beta_2} = 0 = -2 \left[ \sum x_{2i} y_i - \beta_0 \sum x_{2i} - \beta_1 \sum x_{1i} x_{2i} - \beta_2 \sum x_{2i}^2 \right] \quad (6-c)$$

Las ecuaciones 6-a, 6-b y 6-c pueden expresarse en forma matricial:

$$\begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} n & \sum x_{1i} & \sum x_{2i} \\ \sum x_{1i} & \sum x_{1i}^2 & \sum x_{1i}x_{2i} \\ \sum x_{2i} & \sum x_{1i}x_{2i} & \sum x_{2i}^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum y_i \\ \sum x_{1i}y_i \\ \sum x_{2i}y_i \end{bmatrix} \quad (7)$$

Los parámetros beta finalmente pueden estimarse usando algebra de matrices según:  $[\beta] = [X]^{-1}[Y]$ . Los cálculos con mucho detalle aparecen reportados por Suarez A. 2017.

Luego de obtener el modelo de primer orden se realiza el análisis de varianza y reporta en tablas tal como se muestra a continuación.

**TABLA 1.**

**ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL MODELO DE PRIMER ORDEN EN UN DISEÑO FACTORIAL**

Fuente	Grados de libertad	Suma de Cuadrados (Error)	Media de los cuadrados	Razón de F	Probabilidad $d > F$
Modelo de regresión	m-1	SSreg	$\frac{SSreg}{m-1}$	$\frac{SSreg/(m-1)}{SSE/(n-m)}$	qF( $\alpha$ , m-1, n-m)
Error	n-m	SSE	$\frac{SSE}{n-m}$		
Total	n-1	SST			

Fuente: Suarez, A, 2017)

m = número de parámetros determinados en la regresión.

n = número total de datos

En la tabla anterior se reportan relaciones matemáticas tales como:

$$SST := \sum_{i=0}^6 (y_i - \text{mean}(y))^2 \quad (8)$$

$$SS_{reg} := \sum_{i=0}^6 (y_{2i} - \text{mean}(y))^2 \quad (9)$$

$$SSE := \sum_{i=0}^6 (y_i - y_{2i})^2 \quad (9)$$

$$SSE = SST - SS_{reg}$$

En estas ecuaciones y son resultados experimentales medidos para la respuesta;  $y_{2i}$  es el resultado de la respuesta obtenidos con el modelo;  $\text{mean}(y)$  es el valor promedio de la respuesta medida experimentalmente. (La explicación amplia se encuentra en A. SUAREZ, 2017)

## **2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **2.2.1. PROBLEMA GENERAL:**

¿Cuál es el grado de encapsulamiento de arsénico en el vidrio residual con bórax, y su liberación en medios ácido y básico?

### **2.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO:**

- ¿Cuál es el grado de encapsulamiento del arsénico con vidrio residual y bórax en medio ácido?
- ¿Cuál es el grado de encapsulamiento del arsénico con vidrio residual y bórax en medio básico?

## **2.3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO:**

### **2.3.1. JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL:**

Producto de diversas actividades el Arsénico llega al medio ambiente, este puede ser emitido por industrias, plantas de tratamiento de agua potable, agricultura etc. Una vez que este ingrese al medio ambiente no puede ser destruido y actualmente no hay un secuestro efectivo del arsénico. Este según su descarte puede liberarse de los suelos y llegar a las aguas subterráneas mediante percolación.

Es de suma importancia conseguir una técnica de fijación del arsénico y evitar su liberación. La técnica debe ser efectiva de modo que la disposición final del arsénico no se libere al medio ambiente. Según MORENO, 2010, nos menciona que el arsénico afecta directamente su disponibilidad debido a las características edáficas a las plantas como por ejemplo la materia orgánica, su pH, presencia de fósforo, etc. en lo físico a su porosidad grado compactación, así como también cambios biológicos que afectan y condicionan el ciclo el arsénico en el suelo contaminándolo.

### **2.3.2. JUSTIFICACIÓN SOCIAL:**

La presencia de arsénico en aguas superficiales y subsuelo genera grandes riesgos para la salud de los seres humanos, ya que son la manera más directa de contacto con el hombre. El arsénico puede ser consumido por los humanos directamente. También por el uso del agua en el riego de sembríos, el arsénico puede incorporarse en los alimentos de los cuales dependemos para sobrevivencia. Esta exposición se traduce finalmente en intoxicación crónica, lesiones cutáneas y cáncer a la piel. (ATSDR, 2007)

Por otro lado, se debe tener en cuenta que actualmente no contamos con un tratamiento a la contaminación por arsénico, con el presente trabajo se busca obtener un tratamiento y así poder implementarlo generando un bien en la población y más en los lugares que consumen agua sin previo tratamiento y nos saben si pueden estar consumiendo agua contaminada por arsénico o alimentos por uso de insecticidas que contienen arsénico.

### **2.3.3. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA:**

Actualmente no hay trabajos que demuestren que el arsénico es encapsulado completamente en vidrio

### **2.3.4. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA:**

Con la presente investigación no solo se plantea el tratamiento de

del arsénico para inmovilizarlo, si no también reciclar el vidrio obteniendo nuevos materiales para el uso y sus aplicaciones que puedan beneficiar a la comunidad. Su comercialización definitivamente se transforma en resultado de impacto económico positivo.

Según MATA y GÁLVEZ en su revista mencionan que el reciclaje de vidrio abre muchas posibilidades para que la población pueda auto gestionarse y de esa manera beneficiar al medio ambiente usando al reciclaje como alternativa para generar nuevos ingresos.

## **2.4. HIPÓTESIS:**

### **2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL:**

El arsénico queda encapsulado de forma segura con vidrio residual y bórax.

### **2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA**

H1: El arsénico se encapsula con vidrio residual y bórax y es estable en medio ácido

H1: El arsénico se encapsula en envases de vidrio residual con bórax en medio básico

Nota: Las hipótesis nulas,  $H_0$ , son la negación de las hipótesis alternativas,  $H_1$ .

## **2.5. OBJETIVO:**

### **2.5.1. OBJETIVO GENERAL:**

Determinar el grado de encapsulamiento de arsénico con vidrio residual y bórax y su estabilidad en medios ácido y básico.

### **2.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Cuantificar la cantidad de arsénico encapsulado con vidrio residual y bórax en medio ácido
- Cuantificar la cantidad de arsénico encapsulado con vidrio residual y bórax en medio básico.

### **III. MÉTODO EXPERIMENTAL**

### **3.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:**

#### **3.1.1. TIPO DE ESTUDIO**

El presente proyecto de investigación desarrollado es por su finalidad una investigación es experimental y correlacional, ya que se busca determinar mediante diversas muestras, que el arsénico una vez incorporado al vidrio no sale al medio.

#### **3.1.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:**

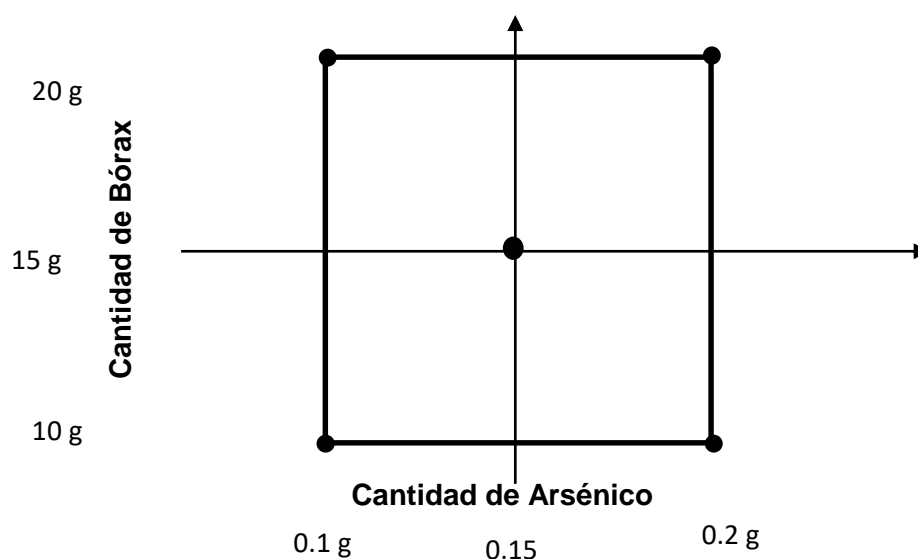
Es un diseño experimental factorial  $2^k$  que ayuda a determinar la confiabilidad para encapsulamiento del arsénico en vidrio, considerando los niveles de arsénico y boro como las magnitudes controlables de nuestras variables independientes. La cuantificación de cuanto se libera el arsénico del vidrio es la variable dependiente. El arsénico liberado es evaluado en medio ácido y medio básico, ambos fuertes.

##### **A. Diseño experimental Factorial centrado:**

La cantidad de experimentos es dada por  $2^k$ :

$$\text{Nº de Experimentos} = (\text{Nº variables})^{\text{Nº Niveles}} = 2^2 + 5 = 9$$

Como se observa en la figura siguiente se requieren de cinco experimentos en los niveles intermedios de las variables. Esto indica que se realizaran cinco experimentos fijando 15 gramos de bórax y 0.15 gramos de arsénico para estos experimentos, en el sector central.



**FIGURA 4:** Diseño de experimento factorial centrado con cinco repeticiones en los valores intermedios de las variables independientes.

Para validar la hipótesis se realiza el análisis de varianza ANOVA, que consiste en identificar la magnitud de errores envueltos en la experimentación.

Para ello se requiere Construir una tabla tal como la mostrada en la Sección 1.3.6 en la TABLA 1.

### 3.2. VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN

#### A. Variables Independientes (VI):

- Vidrio residual con bórax

#### B. Variables dependientes (VD)

- Encapsulamiento de arsénico y su liberación en medios ácidos y básicos

### 3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA:

#### 2.3.1. POBLACIÓN:



Es el conjunto infinito finito del elemento, cosas o seres, que poseen ciertas característica común o atributo, susceptible de ser observado” (Santiago, 2002, p. 182).

Arsénico

### **2.3.2. MUESTRA:**

Es el compuesto representativo de la población o universo, que deben ser representativos para que resultado sea de confianza. (Valderrama, 2002, p.184)

En la primera etapa exploratoria se requieren 9 muestras consistentes de mezclas procesadas de vidrio, bórax y arsénico en estados sólidos. La estabilidad del arsénico en la estructura del vidrio se evalúa en dos medios ácido y básico, simulando condiciones extremas del medio ambiente.

## **3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD**

### **3.4.1. TECNICA DE RECOLECCION DE DATOS:**

La técnica utilizada es la vitrificación ayuda con una fuente de calor indirecta que nos permitirá el fundido de vidrio y encapsulamiento del arsénico y se realizará el análisis correspondiente en dos tipos de medios ácidos y básicos para poder evaluar la retención del arsénico en el vidrio.

### **3.4.2. INSTRUMENTOS:**

#### **PARA LA TOMA DE DATOS:**

- **Tabulado de datos a emplear en el experimento:**

Como Instrumento se usa tablas elaboradas en Excel y las magnitudes de las variables se reportan de forma organizada. Los

nueve datos que son necesarios para poder comprobar la estabilidad del arsénico en el vidrio. Estos formatos son validados por expertos quienes certifican que los datos a reportarse son apropiados. Estas formas son mostradas en el Anexo-

#### **PARA EL FUNDIDO DE VIDRIO (VITRIFICACIÓN):**

- **TERMÓMETRO:**

Se utilizó una termocupla tipo-K con aislamiento eléctrico y con capacidad para medir 1400°C, este dispositivo se mantiene conectado a una Lectora digital XRM 3026.

- **CRISOL:**

Para fundir la mezcla se usó en un crisol de cerámica para que soporte 2000 °C.

- **FUENTE DE CALOR:**

Se usó una hornilla industrial que opera con gas propano para elevar la temperatura a 600 °C

- **CRONOMETRO:**

El cronometro digital fue usado para medir el tiempo requerido para lograr la fusión del vidrio.

- **CRISOL:**

Se usó un crisol que es usado para el fundido de oro, ya que soporta una temperatura mayo de 1000°C

#### **3.4.3. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD:**

Para la validación estadística se utiliza el análisis de varianza (ANOVA), que permite comparar dos varianzas, del modelo y del error experimental. Se hace uso de la distribución de Fisher para validar la hipótesis, usando como referencia el valor crítico del parámetro-F.

#### **3.4.4. DESARROLLO DEL PLAN EXPERIMENTAL:**

## PREPARACION DE MUESTRAS PARA NaOH Y HCl:

### PREPARACIÓN DE MUESTRA N°01:

TABLA N° 02

N°	Arsénico	Boro	Vidrio	Temperatura	Tiempo
1	0.1 g	10 g	100 g	421 °C	56 m 57 s
2	0.1 g	10 g	100 g	500 °C	1 h 55 m

FUENTES: Elaboración Propia

En la Tabla N° 02 encontramos que en el primer vértice del diseño se llegaron a una temperatura de 421 °C y 500 °C con una diferencia de 1 hora aproximadamente.

#### PASO 1:

Se pesaron las muestras correspondientes.

#### PASO 2:

En una bolsa hermética se colocó el vidrio molido, el arsénico y el boro para poder lograr una mezcla homogénea.

#### PASO 3:

La mezcla se hecho en el crisol, colocándolo en la cocina industrial, y se le coloco una tapa con un agujero para que solo ingrese la termocupla.

#### PASO 4:

Se realizó el seguimiento al aumento de la temperatura, mediante el lector digital de la Termocupla.

#### PASO 5:

Se fundió la mezcla llegando así a los 421 °C en 56 m 57 s, ya que luego la temperatura quedo constante. Finalmente se obtuvo la primera muestra, la que al enfriarse se pasó a molerse.



Figura N° 05

En la figura se puede visualizar el fundido de vidrio usando un crisol y la termocupla que nos permite medir la temperatura.

### PREPARACIÓN DE MUESTRA N°02: TABLA N° 03

N°	Arsénico	Boro	Vidrio	Temperatura	Tiempo
1	0.2 g	10 g	100 g	421 °C	58 m 57 s
2	0.2 g	10 g	100 g	500 °C	1 h 55 m

FUENTES: Elaboración Propia

En la Tabla N° 03 encontramos que en el segundo vértice hacia la derecha del diseño se llegaron a una temperatura de 421 °C y 500 °C con una diferencia de 1 hora aproximadamente.

Las etapas de experimentación mencionadas para el experimento con la Muestra N° 1 son las mismas para todas las muestras.

**PREPARACIÓN DE MUESTRA N°03:  
TABLA N° 04**

N°	Arsénico	Boro	Vidrio	Temperatura	Tiempo
1	0.1 g	20 g	100 g	413 °C	58 m 45 s
2	0.1 g	20 g	100 g	500 °C	1 h 55 m

FUENTES: Elaboración Propia

En la Tabla N° 04 encontramos que en el tercer vértice del diseño se llegaron a una temperatura de 413 °C y 500 °C en el que se quedó la temperatura constante por más tiempo adicional que le dejo.

**PREPARACIÓN DE MUESTRA N°04:  
TABLA N° 05**

N°	Arsénico	Boro	Vidrio	Temperatura	Tiempo
1	0.2 g	20 g	100 g	412 °C	59 m 26 s
2	0.2 g	20 g	100 g	500 °C	1 h 55 m

FUENTES: Elaboración Propia.

En la Tabla N° 05 encontramos que en la mayor cantidad de Arsénico y Bórax correspondiente al cuarto vértice del diseño se llegaron a una temperatura de 412 °C y 500 °C en el que se quedó la temperatura constante por más tiempo adicional que le dejo.

**PREPARACIÓN DE MUESTRA N°05:  
TABLA N° 06**

N°	Arsénico	Boro	Vidrio	Temperatura	Tiempo
1	0.15 g	15 g	100 g	413 °C	1 h 01 m
2	0.15 g	15 g	100 g	500 °C	1 h 55 m

FUENTES: Elaboración Propia

En la Tabla N° 06 encontramos que en punto medio del diseño se llegó a una temperatura de 413 °C y 500 °C en el que se quedó la temperatura constante por más tiempo adicional que le dejo.

**PREPARACIÓN DE MUESTRA N°06:  
TABLA N° 07**

N°	Arsénico	Boro	Vidrio	Temperatura	Tiempo
1	0.15 g	15 g	100 g	416 °C	53 m 23 s
2	0.15 g	15 g	100 g	500 °C	1 h 55 m

FUENTES: Elaboración Propia

En la Tabla N° 07 encontramos que en punto medio del diseño se llegó a una temperatura de 416 °C y 500 °C en el que se quedó la temperatura constante por más tiempo adicional que le dejo.

**PREPARACIÓN DE MUESTRA N°07:  
TABLA N° 08**

N°	Arsénico	Boro	Vidrio	Temperatura	Tiempo
1	0.15 g	15 g	100 g	414 °C	1 h 00 m
2	0.15 g	15 g	100 g	500 °C	1 h 55 m

FUENTES: Elaboración Propia.

En la Tabla N° 08 encontramos que en punto medio del diseño se llegó a una temperatura de 414 °C y 500 °C en el que se quedó la temperatura constante por más tiempo adicional que le dejo.

**PREPARACIÓN DE MUESTRA N°08:  
TABLA N° 09**

N°	Arsénico	Boro	Vidrio	Temperatura	Tiempo
1	0.15 g	15 g	100 g	413 °C	58 m 36 s
2	0.15 g	15 g	100 g	500 °C	1 h 55 m

FUENTES: Elaboración Propia

En la Tabla N° 09 encontramos que en punto medio del diseño se llegó a una temperatura de 413 °C y 500 °C en el que se quedó la temperatura constante por más tiempo adicional que le dejo.

**PREPARACIÓN DE MUESTRA N°09:  
TABLA N° 10**

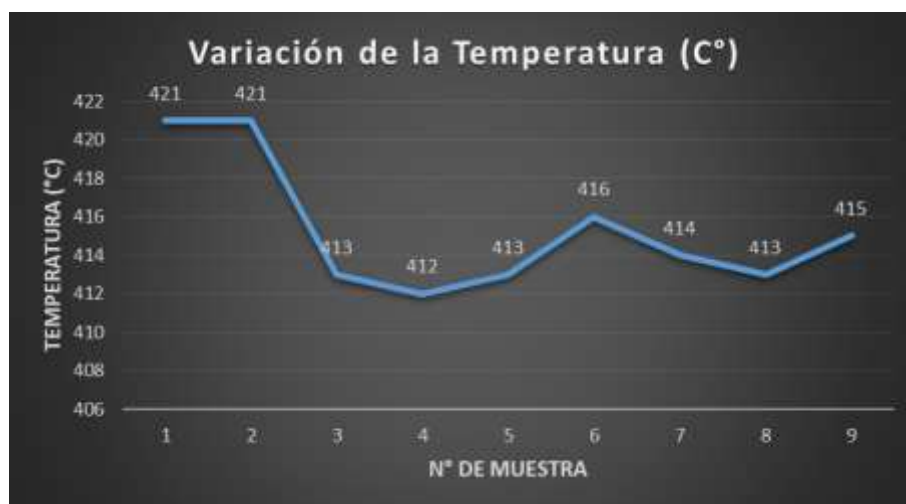
N°	Arsénico	Boro	Vidrio	Temperatura	Tiempo
1	0.15 g	15 g	100 g	415 °C	1 h 03 m
2	0.15 g	15 g	100 g	500 °C	1 h 55 m

FUENTES: Elaboración Propia

En la Tabla N° 10 encontramos que en punto medio del diseño se llegó a una temperatura de 415 °C y 500 °C en el que se quedó la temperatura constante por más tiempo adicional que le dejo.

**MONITOREO DE LA TEMPERATURA:**

**GRAFICO N°01**



FUENTE: Elaboración propia

Se verifica que la temperatura no varía mucho en todas las muestras, llegando a fundirse entre los 412 °C hasta los 420 °C y lo en el caso del otro la temperatura es constante.



**MUESTRAS PARA PRUEBA DE SOLUBILIDAD DEL As EN EL MEDIO BASICO (NaOH) Y ACIDO (HCl):**

**TABLA N° 11**  
**CANTIDAD DE MUESTRA PARA ANALISIS**

N°	Vidrio molido	Peso As	Peso Bórax	Cantidad de muestra fundida	Cantidad de muestra liquida (análisis)	Cantidad de muestra fundida	Cantidad de muestra liquida (análisis)
1	100 g	0.1 g	10 g	2,50 g	500 ml	20,03 g	500 ml
2	100 g	0.2 g	10 g	2,51 g	500 ml	20,06 g	500 ml
3	100 g	0.1 g	20 g	2,50 g	500 ml	20,08 g	500 ml
4	100 g	0.2 g	20 g	2,50 g	500 ml	20,00 g	500 ml
5	100 g	0.15 g	15 g	2,52 g	500 ml	20,02 g	500 ml
6	100 g	0.15 g	15 g	2,51 g	500 ml	20,02 g	500 ml
7	100 g	0.15 g	15 g	2,50 g	500 ml	20,04 g	500 ml
8	100 g	0.15 g	15 g	2,50 g	500 ml	20,06 g	500 ml
9	100 g	0.15 g	15 g	2,50 g	500 ml	20,07 g	500 ml

FUENTE: Elaboración propia.

En la TABLA N° 11 encontramos las cantidades utilizadas en el proceso de fundición, la cantidad de muestra ingresada al medio ácido y base conjuntamente a la cantidad de muestra que se llevó a laboratorio.

Para el análisis de las muestras sumergidas en el Hidróxido de Sodio para cada muestra se trituraron y pesó aproximadamente 20 g y se mezcló con 50 mL de NaOH 0.1 M dentro de un recipiente de vidrio vacío. La mezcla fue diluida a 500 mL y estuvo en contacto

por 24 horas, luego de filtrarse se envió al laboratorio para análisis de arsénico total disuelto.

La Tabla-12 reporta los resultados obtenidos por la Técnica ICP-óptico.

**TABLA N° 12**  
**RESULTADOS DEL ANALISIS**

N°	Vidrio molido	Peso As	Peso Bórax	HCL	Unidad	NaOH	Unidad
1	100 g	0.1 g	10 g	0.352	mg / L	9.397	mg / L
2	100 g	0.2 g	10 g	0.459	mg / L	13.6	mg / L
3	100 g	0.1 g	20 g	0.327	mg / L	5.852	mg / L
4	100 g	0.2 g	20 g	0.428	mg / L	3.521	mg / L
5	100 g	0.15 g	15 g	0.284	mg / L	11.76	mg / L
6	100 g	0.15 g	15 g	0.362	mg / L	10.78	mg / L
7	100 g	0.15 g	15 g	0.39	mg / L	9.469	mg / L
8	100 g	0.15 g	15 g	0.385	mg / L	8.877	mg / L
9	100 g	0.15 g	15 g	0.284	mg / L	9.399	mg / L

FUENTE: Elaboración propia

En la TABLA N° 12 encontramos los resultados entregados por el laboratorio luego del análisis de muestras (500 mL de cada muestra) donde podemos observar que en el medio ácido hubo una mejor retención del arsénico en el vidrio.

#### 2.4.3.1 CALCULOS DE RESULTADOS:

**PARA LA BASE:**

## Contenido de arsénico en el arsenato

### Contenido de arsénico en el arsenato

$$0.1 \cdot g \cdot \frac{As}{312.01} = 0.024 \cdot g \quad 0.15 \cdot g \cdot \frac{As}{312.01} = 0.036 \cdot g \quad 0.2 \cdot g \cdot \frac{As}{312.01} = 0.048 \cdot g$$

$$miligAs := \begin{pmatrix} 0.10 \cdot g & 24 \cdot mg \\ 0.15 \cdot g & 36 \cdot mg \\ 0.20 \cdot g & 48 \cdot mg \end{pmatrix}$$

$$\text{Masa de arsenato corregido sin agua} \quad 7 \cdot 18 = 126$$

$$0.1 \cdot g \cdot \left(1 - \frac{126}{312.01}\right) = 0.06 \cdot g \quad 0.15 \cdot g \cdot \left(1 - \frac{126}{312.01}\right) = 0.089 \cdot g \quad 0.2 \cdot g \cdot \left(1 - \frac{126}{312.01}\right) = 0.119 \cdot g$$

$$\text{Masa corregida de borax sin agua} \quad \text{water1} := \frac{180 \cdot g}{Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O} = 0.472 \cdot g$$

$$10 \cdot (1 \cdot g - \text{water1}) = 5.28 \cdot g \quad 15 \cdot (1 \cdot g - \text{water1}) = 7.92 \cdot g \quad 20 \cdot (1 \cdot g - \text{water1}) = 10.56 \cdot g$$

$$\text{Glass} := 100 \cdot g \quad As1 := \begin{pmatrix} 0.060 \\ 0.089 \\ 0.119 \end{pmatrix} \cdot g \quad \text{Borax} := \begin{pmatrix} 5.28 \\ 7.92 \\ 10.56 \end{pmatrix} \cdot g$$

$$\text{Mezcla} := As1 + \text{Borax} + \text{Glass} \quad \text{Mezcla} = \begin{pmatrix} 105.34 \\ 108.009 \\ 110.679 \end{pmatrix} \cdot g \quad i := 0..8$$

$$\text{mfundida} := \begin{pmatrix} 20.03 \\ 20.06 \\ 20.08 \\ 20.05 \\ 20.02 \\ 20.02 \\ 20.04 \\ 20.06 \\ 20.07 \end{pmatrix} \quad \text{MasAs} := \begin{pmatrix} 0.06 \\ 0.12 \\ 0.06 \\ 0.12 \\ 0.09 \\ 0.09 \\ 0.09 \\ 0.09 \\ 0.09 \end{pmatrix} \quad \text{MasBor} := \begin{pmatrix} 5.28 \\ 5.28 \\ 10.56 \\ 10.56 \\ 7.92 \\ 7.92 \\ 7.92 \\ 7.92 \\ 7.92 \end{pmatrix} \quad \text{mgAs} := \begin{pmatrix} 9.397 \\ 13.600 \\ 5.852 \\ 3.521 \\ 11.760 \\ 10.780 \\ 9.469 \\ 8.877 \\ 9.399 \end{pmatrix}$$

$$\text{massmezclaCorr} := \text{MasAs} + \text{MasBor} + 100$$

Arsénico contenido en 50 mL

$$\text{mgAsl}_i := \text{mgAs}_i \cdot \frac{0.5}{50 \cdot 10^{-3}} \cdot \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\text{mfundida}_i}$$

$$\text{mgAsl} = \begin{pmatrix} 0.235 \\ 0.339 \\ 0.146 \\ 0.088 \\ 0.294 \\ 0.269 \\ 0.236 \\ 0.221 \\ 0.234 \end{pmatrix}$$

$$\text{massmezclaCorr} = \begin{pmatrix} 105.34 \\ 105.4 \\ 110.62 \\ 110.68 \\ 108.01 \\ 108.01 \\ 108.01 \\ 108.01 \\ 108.01 \end{pmatrix}$$

$$\text{Aslibre}_i := \text{mgAsl}_i \cdot \text{massmezclaCorr}_i \cdot \frac{\text{kg}}{1000}$$

Arsénico alimentado, arsénico liberado por el NaOH, y arsénico retenido en el vidrio

$$\text{Asfeed} := \begin{pmatrix} 24.71 \\ 48 \\ 24 \\ 48 \\ 36 \\ 36 \\ 36 \\ 36 \\ 36 \end{pmatrix} \cdot \text{g} \quad \text{Aslibre} = \begin{pmatrix} 24.71 \\ 35.729 \\ 16.119 \\ 9.718 \\ 31.723 \\ 29.08 \\ 25.518 \\ 23.898 \\ 25.291 \end{pmatrix} \cdot \text{g}$$

$$\text{retenido\%}_i := \frac{(\text{Asfeed} - \text{Aslibre})_i}{\text{Asfeed}_i} \cdot 100$$

$$\text{retenido\%} = \begin{pmatrix} 2.647 \times 10^{-4} \\ 25.565 \\ 32.837 \\ 79.754 \\ 11.88 \\ 19.223 \\ 29.118 \\ 33.615 \\ 29.747 \end{pmatrix}$$

PARA EL ACIDO:

$$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O} := 381.37$$

$$\text{As} := 74.92$$

$$\frac{\text{g}}{\text{kg}} := \frac{1}{1000}$$

$$\text{Na}_2\text{HAsO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} := 312.01$$

Contenido de arsénico en el arsenato

$$0.1 \cdot \text{g} \cdot \frac{\text{As}}{312.01} = 0.024 \cdot \text{g} \quad 0.15 \cdot \text{g} \cdot \frac{\text{As}}{312.01} = 0.036 \cdot \text{g} \quad 0.2 \cdot \text{g} \cdot \frac{\text{As}}{312.01} = 0.048 \cdot \text{g}$$

$$\text{miligAs} := \begin{pmatrix} 0.10 \cdot \text{g} & 24 \cdot \text{mg} \\ 0.15 \cdot \text{g} & 36 \cdot \text{mg} \\ 0.20 \cdot \text{g} & 48 \cdot \text{mg} \end{pmatrix}$$

$$\text{Masa de arsenato corregido sin agua} \quad 7 \cdot 18 = 126$$

$$0.1 \cdot \text{g} \cdot \left(1 - \frac{126}{312.01}\right) = 0.06 \cdot \text{g} \quad 0.15 \cdot \text{g} \cdot \left(1 - \frac{126}{312.01}\right) = 0.089 \cdot \text{g} \quad 0.2 \cdot \text{g} \cdot \left(1 - \frac{126}{312.01}\right) = 0.119 \cdot \text{g}$$

Masa corregida de borax sin agua

$$\text{water1} := \frac{180 \cdot \text{g}}{\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}} = 0.472 \cdot \text{g}$$

$$i := 0..8$$

$$10 \cdot (1 \cdot \text{g} - \text{water1}) = 5.28 \cdot \text{g} \quad 15 \cdot (1 \cdot \text{g} - \text{water1}) = 7.92 \cdot \text{g} \quad 20 \cdot (1 \cdot \text{g} - \text{water1}) = 10.56 \cdot \text{g}$$

$$\text{Glass} := 100 \cdot \text{g} \quad \text{As1} := \begin{pmatrix} 0.060 \\ 0.089 \\ 0.119 \end{pmatrix} \cdot \text{g} \quad \text{Borax} := \begin{pmatrix} 5.28 \\ 7.92 \\ 10.56 \end{pmatrix} \cdot \text{g}$$

$$\text{Mezcla} := \text{As1} + \text{Borax} + \text{Glass} \quad \text{Mezcla} = \begin{pmatrix} 105.34 \\ 108.009 \\ 110.679 \end{pmatrix} \cdot \text{g}$$

$$\text{mfundida} := \begin{pmatrix} 2.50 \\ 2.51 \\ 2.50 \\ 2.50 \\ 2.52 \\ 2.51 \\ 2.50 \\ 2.50 \\ 2.50 \end{pmatrix} \quad \text{MasAs} := \begin{pmatrix} 0.352 \\ 0.459 \\ 0.327 \\ 0.428 \\ 0.284 \\ 0.362 \\ 0.390 \\ 0.385 \\ 0.284 \end{pmatrix} \quad \text{MasBor} := \begin{pmatrix} 5.28 \\ 5.28 \\ 10.56 \\ 10.56 \\ 7.92 \\ 7.92 \\ 7.92 \\ 7.92 \\ 7.92 \end{pmatrix} \quad \text{mArse} := \begin{pmatrix} 0.06 \\ 0.12 \\ 0.06 \\ 0.12 \\ 0.09 \\ 0.09 \\ 0.09 \\ 0.09 \\ 0.09 \end{pmatrix}$$

$$\text{massmezclaCorr} := \text{mArse} + \text{MasBor} + 100$$

Arsénico contenido en 50 mL

$$\text{mgAsl}_i := \text{MasAs}_i \cdot \frac{0.5}{50 \cdot 10^{-3}} \cdot \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\text{mfundida}_i} \rightarrow \text{mgAsl} = \begin{pmatrix} 0.07 \\ 0.091 \\ 0.065 \\ 0.086 \\ 0.056 \\ 0.072 \\ 0.078 \\ 0.077 \\ 0.057 \end{pmatrix}$$

$$\text{massmezclaCorr} = \begin{pmatrix} 105.34 \\ 105.4 \\ 110.62 \\ 110.68 \\ 108.01 \\ 108.01 \\ 108.01 \\ 108.01 \\ 108.01 \end{pmatrix}$$

$$\text{Aslibre}_i := \text{mgAsl}_i \cdot \frac{\text{massmezclaCorr} \cdot \text{kg}}{1000}$$

Arsenico alimentado, arsenico liberado por el NaOH, y arsenico retenido en el vidrio

$$\text{Asfeed} := \begin{pmatrix} 24.71 \\ 48 \\ 24 \\ 48 \\ 36 \\ 36 \\ 36 \\ 36 \\ 36 \end{pmatrix} \cdot \text{g} \quad \text{Aslibre} = \begin{pmatrix} 7.416 \\ 9.637 \\ 7.235 \\ 9.474 \\ 6.086 \\ 7.789 \\ 8.425 \\ 8.317 \\ 6.135 \end{pmatrix}$$

$$\text{retenido\%}_i := \frac{(\text{Asfeed} - \text{Aslibre})_i}{\text{Asfeed}_i} \cdot 100$$

$$\text{retenido\%} = \begin{pmatrix} 69.988 \\ 79.923 \\ 69.856 \\ 80.262 \\ 83.094 \\ 78.365 \\ 76.598 \\ 76.898 \\ 82.958 \end{pmatrix}$$

### 3.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS

Análisis estadístico y modelo matemático de regresión de múltiple variable. Los parámetros del modelo son validados utilizando un análisis de varianza cuya valides se considera con un 95% de confianza.

#### 2.5.1 PRUEBA DE HIPOTESIS:

##### PARA LA BASE:

$$x1 := \begin{pmatrix} 0.1 \\ 0.2 \\ 0.1 \\ 0.2 \\ 0.15 \\ 0.15 \\ 0.15 \\ 0.15 \\ 0.15 \end{pmatrix} \quad x2 := \begin{pmatrix} 10 \\ 10 \\ 20 \\ 20 \\ 15 \\ 15 \\ 15 \\ 15 \\ 15 \end{pmatrix} \quad \text{retenido\%} = \begin{pmatrix} 2.647 \times 10^{-4} \\ 25.565 \\ 32.837 \\ 79.754 \\ 11.88 \\ 19.223 \\ 29.118 \\ 33.615 \\ 29.747 \end{pmatrix}$$

$$y := \text{retenido\%}$$

$$n := 9$$

$$X := \begin{bmatrix} n & \sum_{i=0}^8 x1_i & \sum_{i=0}^8 x2_i \\ \sum_{i=0}^8 x1_i & \sum_{i=0}^8 (x1_i)^2 & \sum_{i=0}^8 (x1_i \cdot x2_i) \\ \sum_{i=0}^8 x2_i & \sum_{i=0}^8 (x1_i \cdot x2_i) & \sum_{i=0}^8 (x2_i)^2 \end{bmatrix} \quad Y := \begin{bmatrix} \sum_{i=0}^8 y_i \\ \sum_{i=0}^8 (x1_i \cdot y_i) \\ \sum_{i=0}^8 (x2_i \cdot y_i) \end{bmatrix} \quad \beta := X^{-1} \cdot Y$$

$$\beta = \begin{pmatrix} -90.548 \\ 362.408 \\ 4.351 \end{pmatrix}$$

$$y2(x1, x2) := -90.548 + 362.408x1 + 4.351 \cdot x2$$

$$y22 := \begin{pmatrix} -10.797 \\ 25.444 \\ 32.713 \\ 68.954 \\ 29.078 \\ 29.078 \\ 29.078 \\ 29.078 \\ 29.078 \end{pmatrix}$$

$$SS_{reg} := \sum_{i=0}^8 (y_{22i} - \text{mean}(y))^2 = 3.207 \times 10^3$$

$$SST := \sum_{i=0}^8 (y_i - \text{mean}(y))^2 = 3.854 \times 10^3$$

$$SSE := SST - SS_{reg} = 647.386 \quad \underline{m} := 3$$

$$\frac{SS_{reg}}{m-1} = 1.603 \times 10^3$$

$$SS_{reg} = 3.207 \times 10^3$$

$$\frac{SSE}{n-m} = 107.898$$

$$SST = 3.854 \times 10^3$$

$$\underline{F} := \frac{1.603 \times 10^3}{107.898} = 14.857$$

$$qF(0.05, m-1, n-m) = 0.052$$

$$\underline{R} := \frac{3.207 \times 10^3}{3.854 \times 10^3} = 0.832$$

## PARA EL ACIDO:

ANOVA

$$x1 := \begin{pmatrix} 0.1 \\ 0.2 \\ 0.1 \\ 0.2 \\ 0.15 \\ 0.15 \\ 0.15 \\ 0.15 \\ 0.15 \end{pmatrix} \quad x2 := \begin{pmatrix} 10 \\ 10 \\ 20 \\ 20 \\ 15 \\ 15 \\ 15 \\ 15 \\ 15 \end{pmatrix} \quad \text{retenido\%} = \begin{pmatrix} 69.988 \\ 79.923 \\ 69.856 \\ 80.262 \\ 83.094 \\ 78.365 \\ 76.598 \\ 76.898 \\ 82.958 \end{pmatrix}$$

$$n := 9$$



y := retenido%

$$X := \begin{bmatrix} n & \sum_{i=0}^8 x1_i & \sum_{i=0}^8 x2_i \\ \sum_{i=0}^8 x1_i & \sum_{i=0}^8 (x1_i)^2 & \sum_{i=0}^8 (x1_i \cdot x2_i) \\ \sum_{i=0}^8 x2_i & \sum_{i=0}^8 (x1_i \cdot x2_i) & \sum_{i=0}^8 (x2_i)^2 \end{bmatrix} \quad Y := \begin{bmatrix} \sum_{i=0}^8 y_i \\ \sum_{i=0}^8 (x1_i \cdot y_i) \\ \sum_{i=0}^8 (x2_i \cdot y_i) \end{bmatrix}$$

$$\beta := X^{-1} \cdot Y$$

$$\beta = \begin{pmatrix} 62.138 \\ 101.702 \\ 0.01 \end{pmatrix}$$

$$ymo(x1, x2) := 62.138 + 101.702 \cdot x1 + 0.01 \cdot x2$$

$$y2 := \begin{pmatrix} 72.408 \\ 82.578 \\ 72.508 \\ 82.678 \\ 77.543 \\ 77.543 \\ 77.543 \\ 77.543 \\ 77.543 \end{pmatrix} \quad ymo(x1, x2) = \begin{pmatrix} 72.408 \\ 82.578 \\ 72.508 \\ 82.678 \\ 77.543 \\ 77.543 \\ 77.543 \\ 77.543 \\ 77.543 \end{pmatrix}$$

$$SSreg := \sum_{i=0}^8 (y2_i - \text{mean}(y))^2 = 103.439$$

$$SST := \sum_{i=0}^8 (y_i - \text{mean}(y))^2 = 191.342$$

$$SSE := SST - SSreg = 87.903$$

$$\underline{\underline{m}} := 3 \quad \underline{\underline{n}} := 9$$

$$\frac{SSreg}{m-1} = 51.72$$

$$\frac{SSE}{n-m} = 14.65$$

$$\underline{\underline{F}} := \frac{\frac{SSreg}{m-1}}{\frac{SSE}{n-m}} = 3.53$$

$$qF(0.05, m-1, n-m) = 0.052$$

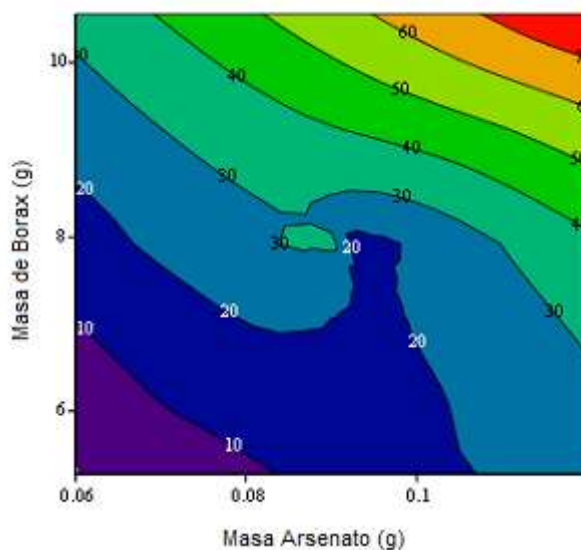
### **3.6. ASPECTOS ÉTICOS:**

El diseño experimental para secuestro de arsénico en vidrio se origina según las técnicas explicadas por Montgomery en su publicación “Statistics and Experimental Design” y ampliado por la publicación de Alejandro Suarez en su artículo de acondicionamiento de lodos para aguas residuales.

## **IV. RESULTADOS**

**Gráfico N° 02**

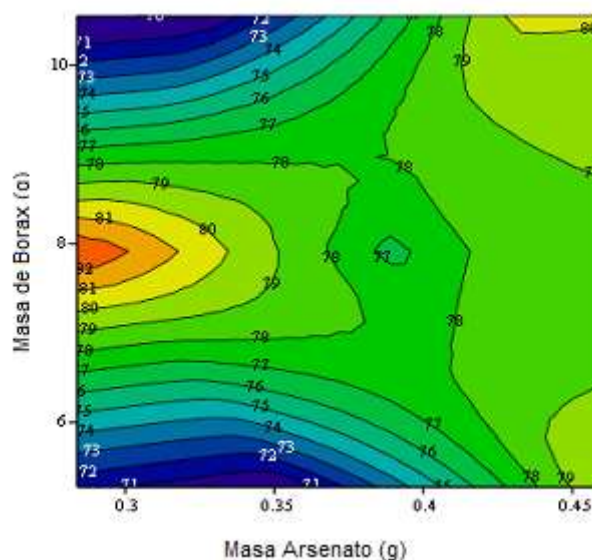
**PORCENTAJE DE RETENCIÓN EN LA BASE**



FUENTE: FUENTE: PROPIA USANDO EL MATLAB

El gráfico N° 02 nos da como resultado luego de realizar los cálculos en base a los análisis obtenidos en el medio básico, donde se muestra el porcentaje de retención del arsénico en el vidrio donde se observa que en la parte superior de color rojo se llegó hasta un 70% de retención.

**Grafico N° 03**  
**PORCENTAJE DE RETENCIÓN EN EL ACIDO**



FUENTE: PROPIA USANDO EL MATLAB

El gráfico N° 03 nos da como resultado luego de realizar los cálculos en base a los análisis obtenidos en el medio ácido, donde se muestra el porcentaje de retención del arsénico en el vidrio donde se observa que en la parte superior de color amarillo se llegó hasta un 90% de retención, siendo mayor a la base teniendo en cuenta que fueron distintas temperaturas.

**TABLA N°13**  
**RESUMEN DE RESULTADOS EN BASE A LOS ANÁLISIS DE**  
**LABORATORIO**

<b>MASA DE VIDRIO</b>	<b>MASA DE ARSENICO</b>	<b>MASA DE BORAX</b>	<b>%RETENIDO EN BASE</b>	<b>% RETENIDO EN ACIDO</b>
<b>100 g</b>	0.1 g	10 g	$2.647 \times 10^{-4}$	69.988
<b>100 g</b>	0.2 g	10 g	25.565	79.923
<b>100 g</b>	0.1 g	20 g	32.837	69.856
<b>100 g</b>	0.2 g	20 g	79.754	80.262
<b>100 g</b>	0.15 g	15 g	11.88	83.094
<b>100 g</b>	0.15 g	15 g	19.118	78.365
<b>100 g</b>	0.15 g	15 g	29.749	76.598
<b>100 g</b>	0.15 g	15 g	33.615	76.598
<b>100 g</b>	0.15 g	15 g	29.747	82.958

FUENTE: Elaboración propia

En la tabla N°13 se observa que el encapsulamiento de arsénico en el vidrio es mejor en un medio ácido, que depende de ambos factores, de cantidad de arsénico y bórax.

## **V. DISCUSIÓN:**

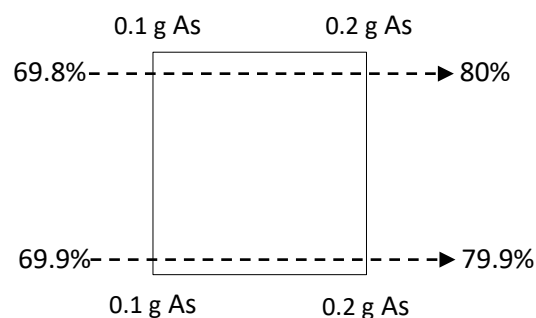
- El análisis de varianza indica que el encapsulamiento del arsénico en el vidrio depende de ambos factores de la cantidad de arsénico y de la cantidad de bórax, cuando la cantidad de vidrio utilizada fue constante igual a 100 g.
- La temperatura debe ser mayor a 500 °C para una buena encapsulación del arsénico, para temperaturas cercanas a 400 °C la eficiencia de retención es baja y solo se alcanza un 80% cuando el vidrio se pone en contacto con medio básico tal como se muestra en la tabla
- Como el valor del parámetro F resulta mayor que  $qF$  (valor crítico), entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Esta prueba de hipótesis se traduce en la descripción matemática del modelo indicando que la respuesta depende de las variables independientes, masa de arsénico y masa de bórax. Esto corrobora de lo que se encuentra experimentalmente en la encapsulación de arsénico en el vidrio.
- La encapsulación del arsénico en el vidrio resultó más efectiva a 500°C, esto fue demostrado por la baja concentración de arsénico disuelto en el ácido clorhídrico posterior a la obtención de matriz fundida. A diferencia a 400°C la encapsulación del arsénico resulta menor, cuando es sometida a una disolución con hidróxido de sodio.
- El modelo de primer orden multifactorial resulta válido solamente en el rango de las magnitudes de las variables independientes establecidas en el diseño experimental.
- Para el caso de disolución del arsénico en ácido clorhídrico se puede discutir lo siguiente luego de procesar el vidrio a 500°C



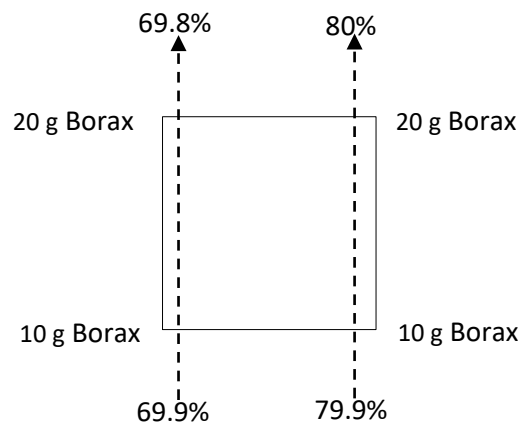
- Cuando se incrementa la cantidad de arsénico en la matriz se incrementa la liberación del arsénico del vidrio.
  - El efecto combinado al incrementarse el arsénico y el bórax también se incrementa la liberación del arsénico del vidrio.
  - Si la cantidad del bórax es mayor se mejora la encapsulación del arsénico en el vidrio.
  - Por lo tanto, la mejor condición de encapsulación se obtiene cuando se incrementa la masa del bórax.
- Para el caso de disolución del arsénico en cloruro de sodio se puede discutir lo siguiente luego de procesar el vidrio a 400°C:
    - Que a mayor bórax y arsénico se obtiene mayor encapsulación del arsénico en el vidrio.
    - Que a mayor bórax en la matriz se incrementan la encapsulación del arsénico en el vidrio.
    - A menor bórax y mayor arsénico en la matriz aumenta la liberación del arsénico del vidrio.
- Que el análisis de varianza indica que el modelo de primer orden en la región de estudio es satisfactorio, y esto se puede demostrar rápidamente cuando se compara los valores promedio del resultado en el diseño experimental factorial donde el promedio en el centro es 0.34 y en los vértices 0.39 indicando que no hay una diferencia significativa y la representación gráfica puede representar en un plano.

## **VI. CONCLUSIONES:**

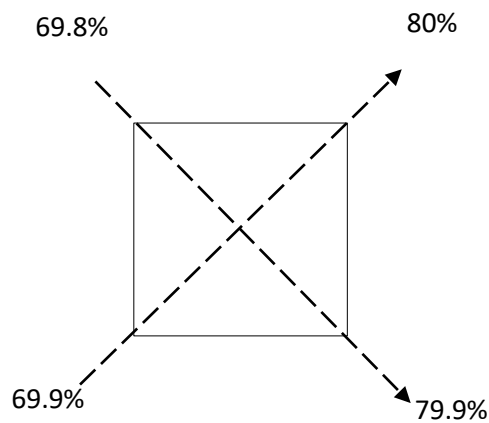
- Se concluye que el vidrio tuvo un porcentaje bien alto de retención cuando la masa de arsénico era 0.2 g y la masa del bórax 20g, cuando la prueba de solubilidad se llevó a cabo con hidróxido de sodio.
- Se concluye también que el vidrio tubo un porcentaje bien alto de retención cuando la masa de arsénico era 0.15 g y la masa del bórax 15g, cuando la prueba de solubilidad se llevó a cabo con ácido clorhídrico.
- Evaluando el promedio de retención del arsénico en el vidrio podemos concluir que: El Promedio de la retención de arsénico en el Vidrio en base fue de 27% y en el Ácido de 77% demostrando la influencia de temperatura en la encapsulación
- Es importante concluir con lo siguiente que se realizó la prueba de solubilidad en un medio extremadamente básico (Hidróxido de Sodio 0.1M) la cual es imposible encontrar en el medio ambiente.
- No se logró obtener un 100% del secuestro del arsénico, pero si se puede demostrar que una mejora del proceso este podría lograrse.
- Incrementado la cantidad de arsénico el porciento encapsulado incrementa en 10%.



- Incrementando la cantidad de bórax el porciento de encapsulación no se afecta.



- Incrementando simultáneamente ambos, la cantidad de bórax y la cantidad de arsénico, la encapsulación se incrementa en 10%. Indicando que el efecto combinado de la cantidad de bórax y cantidad de arsénico crean efectos significativos en la encapsulación.



## **VII. RECOMENDACIONES**

- Se requiere moler el vidrio hasta conseguir unas partículas finas de tal forma que los componentes de la mezcla puedan ser homogénea.
- Los balones de gas son limitados para mantener la temperatura, porque según van consumiéndose su capacidad de calentamiento se va perdiendo.
- Se recomienda usar hornos eléctricos donde se controla la temperatura de forma uniforme
- Se recomienda que para mejores resultados se funda las 9 muestras de manera paralela y así poder obtener una temperatura constante (mayor de 500°C).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- CAMELO, Jorge. Propuesta del montaje de una fábrica de láminas de vidrio en Riohacha y productos secundarios a partir de vidrio reciclable. Tesis (Título en Ingeniería Industrial). Pontificia Universidad Javeriana, 2009.

Disponible en

<https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/7255>

- FLORES, Edwin. y PÉREZ, Javier. Determinación de arsénico, por absorción atómica, en agua de consumo humano proveniente de SEDAPAL, de cisterna y de pozo del distrito de Puente Piedra. Tesis (para optar al título profesional de Químico Farmacéutico). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2009.

Disponible en:

<https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/1638>

- JIMENEZ, Edna. Elaboración de vidrio de colores incorporando metales de desecho y por fundición directa a la flama. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Química con área en Ingeniería de Procesos). Universidad de las Américas Puebla, 2008.

Disponible en:

[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lpro/jimenez\\_p\\_ee/](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lpro/jimenez_p_ee/)

- MARTÍNEZ, Adriana. ; PÉREZ, Elena. ; PINTO, Joaquín. ; GURROLA, Blanca. ; OSORIO, Ana. Biorremediación de suelo contaminado con hidrocarburos empleando lodos residuales como fuente alterna de nutrientes. Revista internacional de contaminación ambiental, 2011, vol 12, no3, p 2-12.

Disponible en:

<http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v27n3/v27n3a9.pdf>

- FUESSLE, R. W. and TAYLOR, M. A., 2000, Stabilization of Arsenic- and Barium-Rich Glass Manufacturing Waste. Journal of Environmental Engineering. 2000. Vol. 126, no. 3, p. 272-278. DOI 10.1061/(asce)0733-9372(2000)126:3(272). American Society of Civil Engineers (ASCE).
- GARCÍA, M.; VILLORA, M.; MORENO, D.; RANNINGER, C.; CALLEJAS, P.; BARBA, M. Aplicación de un material vitrocerámico a la biorremediación de metales pesados. Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, 2004, vol 43. No1, p. 59-62.  
Disponible en:  
[http://boletines.secv.es/upload/20070131103351.43\[1\]59-62.pdf](http://boletines.secv.es/upload/20070131103351.43[1]59-62.pdf)
- LARIOS, Fernando. ; GONZALEZ, Carlos. ; MORALES, Yennyfer. Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. Revista de la Facultad de Ingeniería de la USIL, 2015, vol 2, no 2, p. 9-15.  
Disponible en:  
<https://www.usil.edu.pe/sites/default/files/revista-saber-y-hacer-v2n2.2-1-19set16-aguas-residuales.pdf>
- KONG, NING, KIRICHENKO, TARAS A., HWANG, GYEONG S. and BANERJEE, SANJAY K., 2009, Arsenic defect complexes atSiO<sub>2</sub>/Si interfaces: A density functional theory study. Physical Review B. 2009. Vol. 80, no. 20. DOI 10.1103/physrevb.80.205328. American Physical Society (APS).
- NORDBERG, Gunnar. Metales: Propiedades Químicas Y Toxicidad. Enciclopedia De Salud Y Seguridad en El Trabajo, 2017, p. 63.5 – 63.8.  
Disponible en:  
<https://www.insst.es/documents/94886/162520/Cap%C3%ADulo+63.+Metales+propiedades+qu%C3%ADmicas+y+toxicidad>



- PAREDES, JUAN, 2012, Remoción de arsénico del agua para uso y consumo humano mediante diferentes materiales de adsorción. LICENCIATURA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.
- SIGFUSSON, BERGUR, MEHARG, ANDREW A. and GISLASON, SIGURDUR R., 2008, Regulation of Arsenic Mobility on Basaltic Glass Surfaces by Speciation and ph. Environmental Science & Technology. 2008. Vol. 42, no. 23, p. 8816-8821. DOI 10.1021/es8001458. American Chemical Society (ACS).
- SANDHU, Nimrat.; AXE, Lisa,; JAHAN, Kauser.; RAMANUJACHARY, Kandalam. y COOLAHAN, Kelsey. Environmental Impact of Metal and Metalloid Leaching from Highway Marking Glass Beads. Environmental Science & Technology, 2013, Vol. 47, no. 9, p. 4383-4391.  
Disponible en:  
<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/es3027264>
- Suárez, A. (2017). Método de superficies de respuesta (MSR) para procesos de optimización aplicado a la filtración de lodos provenientes del sedimentador primario de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR). (Tesis Para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico). Lima: UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS.

## **ANEXOS**

## **ANEXO 1: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE**

	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN
INDEPENDIENTE	<b>VIDRIO RESIDUAL CON BORAX</b>	<p>Conocido como borato de sodio, es un químico fácilmente soluble en agua que se extrae de lagunas de altas concentraciones minerales en diferentes partes del mundo, aunque también se le puede elaborar de forma artificial. El boro también reduce la tendencia a la cristalización y aumenta la fuerza de las fibras y resistencia contra la humedad. (García, 2000, p.20). El vidrio es un material que por sus características es fácilmente recuperable. Concretamente el vidrio es 100 % reciclable, a partir de un recipiente usado, puede fabricarse nuevos recipientes (CAMELO, 2007, p.16).</p> <p>Según Etimene USA , el boro no provoca efectos negativos en el procesamiento de vidrio el boro mejora las capacidades fundentes del lote, reduce la temperatura de fusión del lote de vidrio</p>	<p>La variable envase de vidrio con bórax será medido a través de las características físicas del vidrio empleado y la cantidad de bórax depositada en el envase (el bórax será usada en forma de meta borato de sodio)</p>	Características del vidrio	<p>Tipo (residual)</p> <p>Espesor</p> <p>Color</p> <p>Tamaños</p>	
				Cantidad de bórax	Masa de Bórax	<p>10g</p> <p>15g</p> <p>20g</p>

Fuente: Propia

	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	Dimensiones	Indicadores	ESCALA DE MEDICIÓN
DEPENDIENTE	<b>ENCAPSULAMIENTO DE ARSÉNICO Y SU LIBERACION EN MEDIOS ACIDOS Y BASICOS</b>	<p>El arsénico es un metal pesado presente en la naturaleza, que se deposita en el agua y suelo y es acumulado por los animales y vegetales, pudiéndose transmitir al ser humano a través del consumo de pescado y marisco, carne y vegetales con elevadas concentraciones de arsénico. (ELIKA, 2003, p.1).</p> <p>La encapsulación es un proceso utilizado para proteger y cuidar diversas sustancias no solo de consumo humano sino también químicas (JIMENEZ, 2008)</p>	<p>El encapsulamiento del arsénico se mide a través de la cantidad de arsénico medido en gramos de arsenato de sodio, presente en el envase de vidrio con bórax y el tipo de solución en la cual se encuentra encapsulada que puede ser ácido o básico.</p> <p>La cantidad de arsenato de sodio será medido en el intervalo de 0.1 gr (100 mg) a 0.2 gr (200 mg)</p>	Cantidad de arsénico	CANTIDAD DE ARSENICO EN EL VIDRIO	Gramos de arseniato de sodio, en 0.1 g (100 mg), 0.15 g (150 mg) a 0.2 g (200mg)
				Tipo de soluciones	Concentración de arsénico en la solución acida	HCl 0.1M
					Concentración de arsénico en la solución básica	NaOH 0.1M

## ANEXO 2

### FOTOGRAFIAS DEL PROCESO EXPERIMENTAL

#### PESADO DE ARSENICO BORAX Y VIDRIO

**FIGURA N° 05**



**FIGURA N° 06**



**FIGURA N° 07**



**FIGURA Nº 08**  
**FUNDIDO DE VIDRIO**



**FIGURA Nº 09**  
**VIDRIO FUNDIDO**



**FIGURA Nº 10**  
**VIDRIO FUNDIDO MOLIDO**



**FIGURA Nº 11**  
**MUESTRA INCORPORADO EN MEDIO ACIDO Y BASICO**





**FIGURA Nº 12**  
**FILTRACION DE MUESTRA**



**FIGURA Nº 13**  
**SE LE AGREGA AGUA DESTILADA**



### ANEXO 3:

**Tabla Anexo-3: Formato 001 Condiciones de Operación para los experimentos sugeridos en el diseño factorial  $2^k$**

N° Exp.	Peso As	Peso Bórax	Temperatura °C	Tiempo
1	<b>0.1g</b>	<b>10g</b>	421	<b>56m57s</b>
2	<b>0.2g</b>	<b>10g</b>	421	<b>58m57s</b>
3	<b>0.1g</b>	<b>20g</b>	413	<b>58m45s</b>
4	<b>0.2g</b>	<b>20g</b>	412	<b>59m27s</b>
5	<b>0.15g</b>	<b>15g</b>	413	<b>1h01m</b>
6	<b>0.15g</b>	<b>15g</b>	416	<b>53m23s</b>
7	<b>0.15g</b>	<b>15g</b>	414	<b>1h00m</b>
8	<b>0.15g</b>	<b>15g</b>	413	<b>58m36s</b>
9	<b>0.15g</b>	<b>15g</b>	415	<b>1h03m</b>

#### **ANEXO 4: RESULTADOS DEL ANALISIS (LABORATORIO)**

## INFORME DE ENSAYO N° 000013278

**CLIENTE:** SANCHEZPANDURO, FIORELLAJESENIA  
**DOMICILIO LEGAL:** CAL. 42 MZA. B1 LOTE. 38 URB. EL PINAR (PARADERO FERRETERIA) LIMA (15 COMAS LIMA)  
**REFERENCIA CLIENTE:** 1 - 0.2g 20g 2.54g HCL 0.1M  
**CÓDIGO TYPSA:** 000011417  
**MATRIZ:** Agua natural. Agua superficial - Río  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Aproximadamente 500ml de Muestra (Agua Superficial).  
**DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:** Tomada por el cliente  
**CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:**  
**DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:**  
**FECHA DE TOMA:** 10/11/2017 09:00:00a.m.  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 10/11/2017  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:** 10/11/2017 - 15/11/2017

### RESULTADOS ANALÍTICOS METALES PESADOS

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Arsénico total	mg/L	0.428	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3030 K, 3125 B, 22nd Ed. 2012	Preliminary Treatment of Samples. Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) Method	0.00009

Callao, 15 de noviembre de 2017

  
Fdo. Vanessa León Legua  
Jefe de Laboratorio General y Espectroscopía  
CQP N° 927

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el [INACAL - DA](#)

#### NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao. C/ Delta, 269. Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typsa.com](mailto:labperu@typsa.com)

## INFORME DE ENSAYO N° 000013279

**CLIENTE:** SANCHEZPANDURO, FIORELLAJESENIA  
**DOMICILIO LEGAL:** CAL. 42 MZA. B1 LOTE. 38 URB. EL PINAR (PARADERO FERRETERIA) LIMA (15 COMAS LIMA)  
**REFERENCIA CLIENTE:** 2- 20g0.1g2.51g (muestra) HCL0.1M  
**CÓDIGO TYPSA:** 000011418  
**MATRIZ:** Agua natural. Agua superficial- Río  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Aproximadamente 500ml de Muestra (Agua Superficial).  
**DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:** Tomada por el cliente  
**CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:**  
**DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:**  
**FECHA DE TOMA:** 10/11/2017 09:00:00a.m.  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 10/11/2017  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:** 10/11/2017 - 15/11/2017

### RESULTADOS ANALÍTICOS METALES PESADOS

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Arsénico total	mg/L	0.3266	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3030 K, 3125 B, 22nd Ed. 2012	Preliminary Treatment of Samples. Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) Method	0.00009

Callao, 15 de noviembre de 2017

  
Fdo. Vanessa León Legua  
Jefe de Laboratorio General y Espectroscopía  
CQP N° 927

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el **INACAL - DA**

#### NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao. C/ Delta, 269. Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typsa.com](mailto:labperu@typsa.com)

## INFORME DE ENSAYO N° 000013280

**CLIENTE:** SANCHEZPANDURO, FIORELLAJESENIA  
**DOMICILIO LEGAL:** CAL. 42 MZA. B1 LOTE. 38 URB. EL PINAR (PARADERO FERRETERIA) LIMA (15 COMAS LIMA)  
**REFERENCIA CLIENTE:** 3 - 1.5g 15g 2.51g HCL 0.1M  
**CÓDIGO TYPSA:** 000011419  
**MATRIZ:** Agua natural. Agua superficial - Río  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Aproximadamente 500ml de Muestra (Agua Superficial).  
**DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:** Tomada por el cliente  
**CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:**  
**DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:**  
**FECHA DE TOMA:** 10/11/2017 09:00:00a.m.  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 10/11/2017  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:** 10/11/2017 - 15/11/2017

### RESULTADOS ANALÍTICOS METALES PESADOS

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Arsénico total	mg/L	0.284	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3030 K, 3125 B, 22nd Ed. 2012	Preliminary Treatment of Samples. Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) Method	0.00009

Callao, 15 de noviembre de 2017

  
Fdo. Vanessa León Legua  
Jefe de Laboratorio General y Espectroscopía  
CQP N° 927

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el [INACAL - DA](#)

#### NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao. C/ Delta, 269. Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typsa.com](mailto:labperu@typsa.com)

## INFORME DE ENSAYO N° 000013281

**CLIENTE:** SANCHEZPANDURO, FIORELLAJESENIA  
**DOMICILIO LEGAL:** CAL. 42 MZA. B1 LOTE. 38 URB. EL PINAR (PARADERO FERRETERIA) LIMA (15 COMAS LIMA)  
**REFERENCIA CLIENTE:** 4- 15g 0.15g 2.51g HCL 0.1M  
**CÓDIGO TYPSA:** 000011420  
**MATRIZ:** Agua natural. Agua superficial - Río  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Aproximadamente 500ml de Muestra (Agua Superficial).  
**DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:** Tomada por el cliente  
**CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:**  
**DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:**  
**FECHA DE TOMA:** 10/11/2017 09:00:00a.m.  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 10/11/2017  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:** 10/11/2017 - 15/11/2017

### RESULTADOS ANALÍTICOS METALES PESADOS

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Arsénico total	mg/L	0.362	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3030 K, 3125 B, 22nd Ed. 2012	Preliminary Treatment of Samples. Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) Method	0.00009

Callao, 15 de noviembre de 2017

  
Fdo. Vanessa León Legua  
Jefe de Laboratorio General y Espectroscopía  
CQP N° 927

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el [INACAL - DA](#)

#### NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao. C/ Delta, 269. Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typsa.com](mailto:labperu@typsa.com)

## INFORME DE ENSAYO N° 000013282

**CLIENTE:** SANCHEZPANDURO, FIORELLAJESENIA  
**DOMICILIO LEGAL:** CAL. 42 MZA. B1 LOTE. 38 URB. EL PINAR (PARADERO FERRETERIA) LIMA (15 COMAS LIMA)  
**REFERENCIA CLIENTE:** 5 - 1.5g 15g 2.52g HCL 0.1M  
**CÓDIGO TYPSA:** 000011421  
**MATRIZ:** Agua natural. Agua superficial - Río  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Aproximadamente 500ml de Muestra (Agua Superficial).  
**DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:** Tomada por el cliente  
**CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:**  
**DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:**  
**FECHA DE TOMA:** 10/11/2017 09:00:00a.m.  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 10/11/2017  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:** 10/11/2017 - 15/11/2017

### RESULTADOS ANALÍTICOS METALES PESADOS

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Arsénico total	mg/L	0.390	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3030 K, 3125 B, 22nd Ed. 2012	Preliminary Treatment of Samples. Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) Method	0.00009

Callao, 15 de noviembre de 2017

  
Fdo. Vanessa León Legua  
Jefe de Laboratorio General y Espectroscopía  
CQP N° 927

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el [INACAL - DA](#)

#### NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao. C/ Delta, 269. Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typsa.com](mailto:labperu@typsa.com)



## INFORME DE ENSAYO N° 000013283

**CLIENTE:** SANCHEZPANDURO, FIORELLAJESENIA  
**DOMICILIO LEGAL:** CAL. 42 MZA. B1 LOTE. 38 URB. EL PINAR (PARADERO FERRETERIA) LIMA (15 COMAS LIMA)  
**REFERENCIA CLIENTE:** 6- 15g 1.5g 2.53g HCL 0.1M  
**CÓDIGO TYPSA:** 000011422  
**MATRIZ:** Agua natural. Agua superficial- Río  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Aproximadamente 500ml de Muestra (Agua Superficial).  
**DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:** Tomada por el cliente  
**CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:**  
**DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:**  
**FECHA DE TOMA:** 10/11/2017 09:00:00a.m.  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 10/11/2017  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:** 10/11/2017 - 15/11/2017

### RESULTADOS ANALÍTICOS METALES PESADOS

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Arsénico total	mg/L	0.385	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3030 K, 3125 B, 22nd Ed. 2012	Preliminary Treatment of Samples. Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) Method	0.00009

Callao, 15 de noviembre de 2017

  
Fdo. Vanessa León Legua  
Jefe de Laboratorio General y Espectroscopía  
CQP N° 927

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el [INACAL - DA](#)

#### NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao. C/ Delta, 269. Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typsa.com](mailto:labperu@typsa.com)

## INFORME DE ENSAYO N° 000013284

**CLIENTE:** SANCHEZPANDURO, FIORELLAJESENIA  
**DOMICILIO LEGAL:** CAL. 42 MZA. B1 LOTE. 38 URB. EL PINAR (PARADERO FERRETERIA) LIMA (15 COMAS LIMA)  
**REFERENCIA CLIENTE:** 7 - 0.1g10g2.53g (muestra) HCL0.1M  
**CÓDIGO TYPSA:** 000011423  
**MATRIZ:** Agua natural. Agua superficial - Río  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Aproximadamente 500ml de Muestra (Agua Superficial).  
**DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:** Tomada por el cliente  
**CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:**  
**DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:**  
**FECHA DE TOMA:** 10/11/2017 09:00:00a.m.  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 10/11/2017  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:** 10/11/2017 - 15/11/2017

### RESULTADOS ANALÍTICOS METALES PESADOS

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Arsénico total	mg/L	0.352	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3030 K, 3125 B, 22nd Ed. 2012	Preliminary Treatment of Samples. Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) Method	0.00009

Callao, 15 de noviembre de 2017

  
Fdo. Vanessa León Legua  
Jefe de Laboratorio General y Espectroscopía  
CQP N° 927

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el [INACAL - DA](#)

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao. C/ Delta, 269. Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typsa.com](mailto:labperu@typsa.com)

## INFORME DE ENSAYO N° 000013285

**CLIENTE:** SANCHEZPANDURO, FIORELLAJESENIA  
**DOMICILIO LEGAL:** CAL. 42 MZA. B1 LOTE. 38 URB. EL PINAR (PARADERO FERRETERIA) LIMA (15 COMAS LIMA)  
**REFERENCIA CLIENTE:** 8- 1.5g15g2.53g HCL0.1M  
**CÓDIGO TYPSA:** 000011424  
**MATRIZ:** Agua natural. Agua superficial- Río  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Aproximadamente 500ml de Muestra (Agua Superficial).  
**DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:** Tomada por el cliente  
**CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:**  
**DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:**  
**FECHA DE TOMA:** 10/11/2017 09:00:00a.m.  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 10/11/2017  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:** 10/11/2017 - 15/11/2017

### RESULTADOS ANALÍTICOS METALES PESADOS

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Arsénico total	mg/L	0.284	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3030 K, 3125 B, 22nd Ed. 2012	Preliminary Treatment of Samples. Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) Method	0.00009

Callao, 15 de noviembre de 2017

  
Fdo. Vanessa León Legua  
Jefe de Laboratorio General y Espectroscopía  
CQP N° 927

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el **INACAL - DA**

#### NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao. C/ Delta, 269. Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typsa.com](mailto:labperu@typsa.com)

## INFORME DE ENSAYO N° 000013286

**CLIENTE:** SANCHEZPANDURO, FIORELLAJESENIA  
**DOMICILIO LEGAL:** CAL. 42 MZA. B1 LOTE. 38 URB. EL PINAR (PARADERO FERRETERIA) LIMA (15 COMAS LIMA)  
**REFERENCIA CLIENTE:** 9-0.2g10g2.54g HCL0.1M  
**CÓDIGO TYPSA:** 000011425  
**MATRIZ:** Agua natural. Agua superficial - Río  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Aproximadamente 500ml de Muestra (Agua Superficial).  
**DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:** Tomada por el cliente  
**CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:**  
**DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:**  
**FECHA DE TOMA:** 10/11/2017 09:00:00a.m.  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 10/11/2017  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:** 10/11/2017 - 15/11/2017

### RESULTADOS ANALÍTICOS METALES PESADOS

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Arsénico total	mg/L	0.459	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3030 K, 3125 B, 22nd Ed. 2012	Preliminary Treatment of Samples. Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) Method	0.00009

Callao, 15 de noviembre de 2017

  
Fdo. Vanessa León Legua  
Jefe de Laboratorio General y Espectroscopía  
CQP N° 927

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el [INACAL - DA](#)

#### NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao. C/ Delta, 269. Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typsa.com](mailto:labperu@typsa.com)

## INFORME DE ENSAYO N° 000013287

**CLIENTE:** SANCHEZPANDURO, FIORELLAJESENIA  
**DOMICILIO LEGAL:** CAL.42 MZA.B1 LOTE.38 URB. ELPINAR(PARADERO FERRETERIA)LIMA (15 COMAS LIMA)  
**REFERENCIA CLIENTE:** 10 - 15g0.15g20.02gNaOH0.1M  
**CÓDIGO TYPSA:** 000011426  
**MATRIZ:** Agua natural.Agua superficial- Río  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Aproximadamente500mlde Muestra (Agua Superficial).  
**DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:** Tomadapor el cliente  
**CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:**  
**DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:**  
**FECHA DE TOMA:** 10/11/2017 09:00:00a.m.  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 10/11/2017  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:** 10/11/2017 - 15/11/2017

### RESULTADOS ANALÍTICOS METALES PESADOS

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Arsénico total	mg/L	11.76	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3030 K, 3125 B, 22nd Ed. 2012	Preliminary Treatment of Samples. Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) Method	0.00009

Callao, 15 de noviembre de 2017

  
Fdo. Vanessa León Legua  
Jefe de Laboratorio General y Espectroscopía  
CQP N° 927

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el [INACAL - DA](#)

#### NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao. C/ Delta, 269. Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typsa.com](mailto:labperu@typsa.com)

## INFORME DE ENSAYO N° 000013288

**CLIENTE:** SANCHEZPANDURO, FIORELLAJESENIA  
**DOMICILIO LEGAL:** CAL. 42 MZA. B1 LOTE. 38 URB. EL PINAR (PARADERO FERRETERIA) LIMA (15 COMAS LIMA)  
**REFERENCIA CLIENTE:** 11 - 15g 0.15g 20.02g NaOH 0.1M  
**CÓDIGO TYPSA:** 000011427  
**MATRIZ:** Agua natural. Agua superficial - Río  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Aproximadamente 500ml de Muestra (Agua Superficial).  
**DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:** Tomada por el cliente  
**CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:**  
**DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:**  
**FECHA DE TOMA:** 10/11/2017 09:00:00a.m.  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 10/11/2017  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:** 10/11/2017 - 15/11/2017

### RESULTADOS ANALÍTICOS METALES PESADOS

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Arsénico total	mg/L	10.78	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3030 K, 3125 B, 22nd Ed. 2012	Preliminary Treatment of Samples. Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) Method	0.00009

Callao, 15 de noviembre de 2017

  
Fdo. Vanessa León Legua  
Jefe de Laboratorio General y Espectroscopía  
CQP N° 927

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el **INACAL - DA**

#### NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao. C/ Delta, 269. Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typsa.com](mailto:labperu@typsa.com)

## INFORME DE ENSAYO N° 000013289

**CLIENTE:** SANCHEZPANDURO, FIORELLAJESENIA  
**DOMICILIO LEGAL:** CAL. 42 MZA. B1 LOTE. 38 URB. EL PINAR (PARADERO FERRETERIA) LIMA (15 COMAS LIMA)  
**REFERENCIA CLIENTE:** 12 - 0.1g10g20.03gNaOH0.1M  
**CÓDIGO TYPSA:** 000011428  
**MATRIZ:** Agua natural. Agua superficial - Río  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Aproximadamente 500ml de Muestra (Agua Superficial).  
**DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:** Tomada por el cliente  
**CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:**  
**DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:**  
**FECHA DE TOMA:** 10/11/2017 09:00:00a.m.  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 10/11/2017  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:** 10/11/2017 - 15/11/2017

### RESULTADOS ANALÍTICOS METALES PESADOS

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Arsénico total	mg/L	9.397	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3030 K, 3125 B, 22nd Ed. 2012	Preliminary Treatment of Samples. Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) Method	0.00009

Callao, 15 de noviembre de 2017

  
Fdo. Vanessa León Legua  
Jefe de Laboratorio General y Espectroscopía  
CQP N° 927

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el **INACAL - DA**

#### NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao. C/ Delta, 269. Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typsa.com](mailto:labperu@typsa.com)

## INFORME DE ENSAYO N° 000013290

**CLIENTE:** SANCHEZPANDURO, FIORELLAJESENIA  
**DOMICILIO LEGAL:** CAL. 42 MZA. B1 LOTE. 38 URB. EL PINAR (PARADERO FERRETERIA) LIMA (15 COMAS LIMA)  
**REFERENCIA CLIENTE:** 13 - 15g 0.15g 20.04g NaOH 0.1M  
**CÓDIGO TYPSA:** 000011429  
**MATRIZ:** Agua natural. Agua superficial - Río  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Aproximadamente 500ml de Muestra (Agua Superficial).  
**DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:** Tomada por el cliente  
**CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:**  
**DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:**  
**FECHA DE TOMA:** 10/11/2017 09:00:00a.m.  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 10/11/2017  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:** 10/11/2017 - 15/11/2017

### RESULTADOS ANALÍTICOS METALES PESADOS

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Arsénico total	mg/L	9.469	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3030 K, 3125 B, 22nd Ed. 2012	Preliminary Treatment of Samples. Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) Method	0.00009

Callao, 15 de noviembre de 2017

  
Fdo. Vanessa León Legua  
Jefe de Laboratorio General y Espectroscopía  
CQP N° 927

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el **INACAL - DA**

#### NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao. C/ Delta, 269. Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typsa.com](mailto:labperu@typsa.com)



## INFORME DE ENSAYO N° 000013291

**CLIENTE:** SANCHEZPANDURO, FIORELLAJESENIA  
**DOMICILIO LEGAL:** CAL. 42 MZA. B1 LOTE. 38 URB. EL PINAR (PARADERO FERRETERIA) LIMA (15 COMAS LIMA)  
**REFERENCIA CLIENTE:** 14 - 0.2g 0.10g 20.06g NaOH 0.1M  
**CÓDIGO TYPSA:** 000011430  
**MATRIZ:** Agua natural. Agua superficial - Río  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Aproximadamente 500 ml de Muestra (Agua Superficial).  
**DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:** Tomada por el cliente  
**CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:**  
**DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:**  
**FECHA DE TOMA:** 10/11/2017 09:00:00 a.m.  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 10/11/2017  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:** 10/11/2017 - 15/11/2017

### RESULTADOS ANALÍTICOS METALES PESADOS

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Arsénico total	mg/L	13.60	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3030 K, 3125 B, 22nd Ed. 2012	Preliminary Treatment of Samples. Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) Method	0.00009

Callao, 15 de noviembre de 2017

  
Fdo. Vanessa León Legua  
Jefe de Laboratorio General y Espectroscopía  
CQP N° 927

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el [INACAL - DA](#)

#### NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao. C/ Delta, 269. Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typsa.com](mailto:labperu@typsa.com)

## INFORME DE ENSAYO N° 000013292

**CLIENTE:** SANCHEZPANDURO, FIORELLAJESENIA  
**DOMICILIO LEGAL:** CAL. 42 MZA. B1 LOTE. 38 URB. EL PINAR (PARADERO FERRETERIA) LIMA (15 COMAS LIMA)  
**REFERENCIA CLIENTE:** 15 - 15g 0.15g 20.06g NaOH 0.1M  
**CÓDIGO TYPSA:** 000011431  
**MATRIZ:** Agua natural. Agua superficial - Río  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Aproximadamente 500 ml de Muestra (Agua Superficial).  
**DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:** Tomada por el cliente  
**CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:**  
**DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:**  
**FECHA DE TOMA:** 10/11/2017 09:00:00 a.m.  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 10/11/2017  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:** 10/11/2017 - 15/11/2017

### RESULTADOS ANALÍTICOS METALES PESADOS

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Arsénico total	mg/L	8.877	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3030 K, 3125 B, 22nd Ed. 2012	Preliminary Treatment of Samples. Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) Method	0.00009

Callao, 15 de noviembre de 2017

  
Fdo. Vanessa León Legua  
Jefe de Laboratorio General y Espectroscopía  
CQP N° 927

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el [INACAL - DA](#)

#### NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao. C/ Delta, 269. Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typsa.com](mailto:labperu@typsa.com)

## INFORME DE ENSAYO N° 000013293

**CLIENTE:** SANCHEZPANDURO, FIORELLAJESENIA  
**DOMICILIO LEGAL:** CAL. 42 MZA. B1 LOTE. 38 URB. EL PINAR (PARADERO FERRETERIA) LIMA (15 COMAS LIMA)  
**REFERENCIA CLIENTE:** 16 - 15g 0.15g 20.07g NaOH 0.1M  
**CÓDIGO TYPSA:** 000011432  
**MATRIZ:** Agua natural. Agua superficial - Río  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Aproximadamente 500 ml de Muestra (Agua Superficial).  
**DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:** Tomada por el cliente  
**CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:**  
**DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:**  
**FECHA DE TOMA:** 10/11/2017 09:00:00 a.m.  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 10/11/2017  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:** 10/11/2017 - 15/11/2017

### RESULTADOS ANALÍTICOS METALES PESADOS

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Arsénico total	mg/L	9.399	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3030 K, 3125 B, 22nd Ed. 2012	Preliminary Treatment of Samples. Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) Method	0.00009

Callao, 15 de noviembre de 2017

  
Fdo. Vanessa León Legua  
Jefe de Laboratorio General y Espectroscopía  
CQP N° 927

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el **INACAL - DA**

#### NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao. C/ Delta, 269. Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typsa.com](mailto:labperu@typsa.com)

## INFORME DE ENSAYO N° 000013294

**CLIENTE:** SANCHEZPANDURO, FIORELLAJESENIA  
**DOMICILIO LEGAL:** CAL. 42 MZA. B1 LOTE. 38 URB. EL PINAR (PARADERO FERRETERIA) LIMA (15 COMAS LIMA)  
**REFERENCIA CLIENTE:** 17 - 20g0.1g20.08gNaOH0.1M  
**CÓDIGO TYPSA:** 000011433  
**MATRIZ:** Agua natural. Agua superficial - Río  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Aproximadamente 500ml de Muestra (Agua Superficial).  
**DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:** Tomada por el cliente  
**CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:**  
**DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:**  
**FECHA DE TOMA:** 10/11/2017 09:00:00a.m.  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 10/11/2017  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:** 10/11/2017 - 15/11/2017

### RESULTADOS ANALÍTICOS METALES PESADOS

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Arsénico total	mg/L	5.852	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3030 K, 3125 B, 22nd Ed. 2012	Preliminary Treatment of Samples. Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) Method	0.00009

Callao, 15 de noviembre de 2017

  
Fdo. Vanessa León Legua  
Jefe de Laboratorio General y Espectroscopía  
CQP N° 927

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el **INACAL - DA**

#### NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao. C/ Delta, 269. Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typsa.com](mailto:labperu@typsa.com)

## INFORME DE ENSAYO N° 000013295

**CLIENTE:** SANCHEZPANDURO, FIORELLAJESENIA  
**DOMICILIO LEGAL:** CAL. 42 MZA. B1 LOTE. 38 URB. EL PINAR (PARADERO FERRETERIA) LIMA (15 COMAS LIMA)  
**REFERENCIA CLIENTE:** 18 - 0.2g 0.20g 20.06g NaOH 0.1M  
**CÓDIGO TYPSA:** 000011434  
**MATRIZ:** Agua natural. Agua superficial - Río  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Aproximadamente 500 ml de Muestra (Agua Superficial).  
**DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:** Tomada por el cliente  
**CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:**  
**DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:**  
**FECHA DE TOMA:** 10/11/2017 09:00:00 a.m.  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 10/11/2017  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:** 10/11/2017 - 15/11/2017

### RESULTADOS ANALÍTICOS METALES PESADOS

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Arsénico total	mg/L	3.521	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3030 K, 3125 B, 22nd Ed. 2012	Preliminary Treatment of Samples. Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) Method	0.00009

Callao, 15 de noviembre de 2017

  
Fdo. Vanessa León Legua  
Jefe de Laboratorio General y Espectroscopía  
CQP N° 927

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el [INACAL - DA](#)

#### NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao. C/ Delta, 269. Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typsa.com](mailto:labperu@typsa.com)